

**FACULDADE DE ENGENHARIA DA UNIVERSIDADE DO PORTO**



# **Desenvolvimento de uma célula de análise para quinadoras**

**André Filipe da Mota e Silva**

Mestrado Integrado em Engenharia Eletrotécnica e de Computadores

Orientador: Paulo Lopes Santos

Co-orientador: Eng. Jorge Ferreira

29 de Junho de 2015





A Dissertação intitulada

“Desenvolvimento de uma Célula de Análise para Quinadoras”

foi aprovada em provas realizadas em 22-07-2015

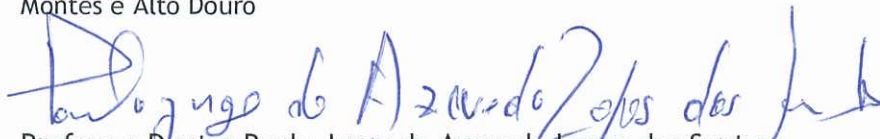
o júri



Presidente Professor Doutor António Pedro Rodrigues Aguiar  
Professor Associado do Departamento de Engenharia Eletrotécnica e de  
Computadores da Faculdade de Engenharia da Universidade do Porto



Professora Doutora Teresa Paula Coelho Azevedo Perdicoulis  
Professora Assistente do Departamento de Matemática da Universidade Trás-os-  
Montes e Alto Douro



Professor Doutor Paulo Jorge de Azevedo Lopes dos Santos  
Professor Auxiliar do Departamento de Engenharia Eletrotécnica e de Computadores  
da Faculdade de Engenharia da Universidade do Porto

O autor declara que a presente dissertação (ou relatório de projeto) é da sua exclusiva autoria e foi escrita sem qualquer apoio externo não explicitamente autorizado. Os resultados, ideias, parágrafos, ou outros extratos tomados de ou inspirados em trabalhos de outros autores, e demais referências bibliográficas usadas, são corretamente citados.

+ André Filipe da Mota e Silva

Autor - André Filipe da Mota e Silva



# Resumo

A Adira,S.A é uma empresa que tem como actividade a concepção, produção e comercialização de diversas máquinas-ferramenta, entre as quais as quinadoras. As quinadoras produzidas pela Adira são máquinas de quinagem de chapa, utilizam diversas formas de quinar por forma a modificar a chapa em diversos formatos. São máquinas precisas e que permitem taxas de produção elevadas. No entanto, como nem sempre as condições de fabrico são idênticas, nem todas saem da linha de produção com desempenhos idênticos, podendo mesmo apresentar diferenças significativas. Para reduzir estas diferenças todas as máquinas passam por um processo de calibração antes de serem entregues ao cliente final. Um dos grandes problemas da calibração é o facto de depender, maioritariamente, da avaliação dum ensaiador. O objetivo deste trabalho é o da redução desta dependência através da implementação duma célula capaz de interagir com a máquina, recolhendo as variáveis capazes de avaliar o seu desempenho, permitindo decidir, de uma forma objetiva, se é necessário alterar os parâmetros do seu sistema de controlo.

Numa abordagem inicial ao problema foi feita uma pesquisa aos diversos constituintes duma quinadora, tendo em vista a compreensão do funcionamento da mesma. De seguida, para possibilitar a identificação das diferenças nas programações dos controlos numéricos, foi realizado um estudo aos dados recolhidos aquando da finalização da máquina.

A implementação da célula consiste na reutilização de um antigo comando que agora permite adquirir a informação diretamente de uma máquina antes da sua expedição para o cliente, e assim guardar informações que possam servir de comprovativo do seu funcionamento. Tendo em vista este objetivo, foi necessário realizar ensaios que permitiram compreender o estado do comando, e determinar as alterações ou adições a serem realizadas para que este ficasse dotado a funcionalidade pretendida. Foi também desenvolvido um *software* que analisa a informação recolhida, quantificando os tempos utilizados nas diferentes fases do ciclo da quinagem. Finalmente, os dados recolhidos foram também utilizados para estimar modelos dinâmicos que descrevem o funcionamento da quinadora. Estes modelos permitem prever o seu funcionamento em diferentes situações sem qualquer ensaio físico. Por outro lado, uma análise estatística dos modelos dinâmicos das máquinas que são produzidas permitirá intervir no processo de fabrico por forma a uniformizar o produto final.

A célula desenvolvida neste trabalho pode ser facilmente conectada a qualquer quinadora, facilitando a aquisição de dados e a realização de análises rápidas ao seu funcionamento.



# Abstract

Adira,S.A is a company whose main activity is the design, production and marketing of various machine tools, including the press brakes. Adira's press brakes are metal sheets bending machines, which use several forms of bending to shape the metal sheet in different forms. They are accurate machines with high production rates. However, since manufacturing conditions are not always identical, the performance of press brakes may differ significantly. To reduce these differences all machines pass through a calibration process before being delivered to the customer. The major problem of calibration is that it depends mainly on the evaluation of a human tester. The objective of this work is to reduce this dependence through the implementation of a cell capable of interacting with the machine, gathering the variables that evaluate its performance, enabling to decide in an objective way if it is necessary to change one or more parameters of the control system.

In order to understand the operation of press brake, a research on its constituents was initially performed. Then, to identify the differences on numerical controllers programming, a study of the data from previous machines has been conducted.

The implementation of the cell consisted of the adaptation of an old command to gather information directly from a machine before being delivered to the client, storing relevant operation information. With this in mind, tests allowing to understand the state of the command were performed. Based on these tests amendments and additions to be made to the command were decided so it may accomplish the desired functionality. Software has been developed that analyses the information gathered. This software quantifies the timing of the bending cycle. Finally, the collected data was also used to estimate dynamical models that describe the operation of the press brake. These models can predict its operation in different situations without any physical test. Moreover, a statistical analysis of the dynamic models of the machines being produced will enable to intervene in the manufacturing process in order to standardize the final product.

The cell developed in this project can be easily connected to any press brake, making it easy to acquire data enabling a quick analysis of its operation.



# Agradecimentos

Queria agradecer a todas as pessoas que me possibilitaram a realização desta dissertação.

Queria agradecer à Adira pela oportunidade concedida. Aos operários que auxiliaram na compreensão do funcionamento das quinadoras e sempre se demonstraram prestáveis.

Queria agradecer aos meus amigos e Família que sempre me apoiaram no meu percurso académico bem como na realização desta dissertação.

Queria agradecer ao Asif Mohammed que sempre ouviu as minhas ideias para alteração do programa e sempre tentou arranjar tempo para me auxiliar com o desenvolvimento do mesmo.

Por fim, um especial agradecimento a ambos os meus orientadores, o professor Paulo Lopes Santos e o engenheiro Jorge Ferreira, pois sempre foram muito prestáveis durante toda a realização do trabalho e a ajuda de ambos permitiu que eu concluísse esta dissertação.

André Filipe da Mota e Silva





# Conteúdo

<b>Resumo</b>	<b>i</b>
<b>Abstract</b>	<b>iii</b>
<b>Agradecimentos</b>	<b>v</b>
<b>Abreviaturas e Glossário</b>	<b>xix</b>
<b>1 Introdução</b>	<b>1</b>
1.1 Empresa . . . . .	1
1.2 Motivação . . . . .	2
1.3 Procedimento adoptado . . . . .	3
1.4 Organização do Documento . . . . .	4
<b>2 Quinadoras e Componentes</b>	<b>7</b>
2.1 Quinadoras . . . . .	7
2.1.1 Quinadoras Mecânicas . . . . .	7
2.1.2 Quinadoras Hidráulicas . . . . .	8
2.1.3 Quinadoras Híbridas . . . . .	8
2.1.4 Quinadoras Eléctricas . . . . .	9
2.2 Comandos Numéricos Computorizados . . . . .	9
2.2.1 Desenvolvimento e Evolução . . . . .	9
2.2.2 Tipos de Comandos Numéricos . . . . .	10
2.2.3 Controlo da Movimentação . . . . .	11
2.3 Controladores . . . . .	12
2.3.1 Controlador Proporcional Integral (PI) . . . . .	12
2.3.2 Controlador Proporcional Integral Derivativo (PID) . . . . .	13
2.3.3 Efeito Windup . . . . .	14
2.3.4 Autosintonia do Controlador . . . . .	15
2.4 Sistemas Hidráulicos . . . . .	15
2.5 Identificação de Sistemas . . . . .	16
<b>3 Célula de Análise ao Funcionamento de uma Quinadora</b>	<b>17</b>
3.1 Análise inicial do sistema a implementar . . . . .	17
3.1.1 Ensaio e Configuração de Parâmetros . . . . .	17
3.1.2 Comando Externo e Software Disponível . . . . .	18
3.1.3 Identificação dos Problemas . . . . .	18
3.1.4 Compreensão das Diferentes Fases do Ciclo . . . . .	20
3.2 Implementação do Hardware utilizado no Comando Externo . . . . .	24

3.2.1	Limitações na aquisição de dados . . . . .	24
3.2.2	Esquemático do comando externo e ligações de aquisição de dados . . .	26
3.2.3	Metodologia Utilizada na Realização dos Ensaios . . . . .	29
3.3	Implementação do Software utilizado no Comando Externo . . . . .	29
3.3.1	Programas para Utilização Externa ao Comando Externo . . . . .	29
3.3.2	Implementação do Programa PbCycle . . . . .	30
3.3.3	Implementação do Programa de Análise . . . . .	32
3.3.4	Implementação do Programa de Apresentação Gráfica . . . . .	34
3.3.5	Interface com o utilizador . . . . .	35
3.4	Comparação e Análise entre os diversos ensaios realizados . . . . .	37
3.4.1	Comparação entre máquinas idênticas com controladores diferentes . . .	39
3.4.2	Comparação entre máquinas diferentes com controladores idênticos . . .	39
3.4.3	Comparação na mesma máquina e testes diferentes . . . . .	40
3.4.4	Comparação entre valores relativos às rampas e tempos de espera e relativa relação com os valores de parametrizações anteriores . . . . .	41
3.4.5	Análise aos Diversos Ensaios Realizados e Resultados Obtidos . . . . .	42
3.5	Conclusão . . . . .	43
<b>4</b>	<b>Modelação do Funcionamento de uma Quinadora</b>	<b>45</b>
4.1	Procedimento . . . . .	45
4.2	Constituintes e Funcionalidade . . . . .	45
4.3	Parâmetros da Simulação . . . . .	46
4.4	Influência do Controlo em cada uma das Fases de Quinagem . . . . .	47
4.5	Aquisição dos dados para Identificação do Modelo do sistema . . . . .	48
4.6	Dificuldades na Identificação do Modelo do Sistema . . . . .	48
4.7	Identificação de Modelos Lineares . . . . .	49
4.8	Identificação Modelos Não Lineares . . . . .	52
4.9	Validação dos Modelos . . . . .	55
4.9.1	Validação dos modelos identificados nos diferentes ensaios . . . . .	56
4.9.2	Comparação de Modelos . . . . .	57
4.9.3	Análise aos modelos identificados . . . . .	57
4.10	Conclusão . . . . .	60
<b>5</b>	<b>Conclusão</b>	<b>61</b>
5.1	Satisfação dos Objectivos . . . . .	61
5.2	Trabalho Futuro . . . . .	62
<b>A</b>	<b>Testes Realizados</b>	<b>65</b>
A.1	Ensaio 1 . . . . .	66
A.2	Ensaio 2 . . . . .	68
A.3	Ensaio 3 . . . . .	70
A.4	Ensaio 4 . . . . .	72
A.5	Ensaio 5 . . . . .	74
A.5.1	Ciclo 1 . . . . .	74
A.5.2	Ciclo 2 . . . . .	75
A.5.3	Ciclo 3 . . . . .	75
A.5.4	Ciclo 4 . . . . .	76
A.5.5	Ciclo 5 . . . . .	76
A.5.6	Ciclo 6 . . . . .	77

A.6	Ensaio 6 . . . . .	78
A.7	Ensaio 7 . . . . .	79
A.8	Ensaio 8 . . . . .	80
A.9	Ensaio 9 . . . . .	81
A.10	Ensaio 10 . . . . .	82
A.11	Ensaio 11 . . . . .	83
A.12	Ensaio 12 . . . . .	84
A.13	Ensaio 13 . . . . .	85
A.14	Ensaio 14 . . . . .	86
A.15	Ensaio 15 . . . . .	87
A.16	Ensaio 16 . . . . .	88
A.17	Ensaio 17 . . . . .	89
A.17.1	Ciclo 1 . . . . .	89
A.17.2	Ciclo 2 . . . . .	90
A.17.3	Ciclo 3 . . . . .	90
A.18	Ensaio 18 . . . . .	91
A.18.1	Ciclo 1 . . . . .	91
A.18.2	Ciclo 2 . . . . .	92
A.18.3	Ciclo 3 . . . . .	93
A.19	Ensaio 19 . . . . .	95
A.19.1	Ciclo 1 . . . . .	95
A.19.2	Ciclo 2 . . . . .	96
A.19.3	Ciclo 3 . . . . .	96
A.19.4	Ciclo 4 . . . . .	97
A.19.5	Ciclo 5 . . . . .	97
<b>B</b>	<b>Tabelas de Comparação</b>	<b>99</b>
B.1	Comando Adcontrol . . . . .	100
B.1.1	Modelo PM13530 . . . . .	100
B.1.2	Modelo PM16030 . . . . .	103
B.1.3	Modelo PM16040 . . . . .	104
B.1.4	Modelo PM22040 . . . . .	105
B.1.5	Modelo PM6020 . . . . .	106
B.1.6	Modelo PM9025 . . . . .	107
B.2	Comando Cybelec . . . . .	108
B.2.1	Modelo PM13530 . . . . .	108
B.2.2	Modelo PM16030 . . . . .	110
B.2.3	Modelo PM16040 . . . . .	111
B.2.4	Modelo PM22040 . . . . .	112
B.2.5	Modelo PM6020 . . . . .	113
B.2.6	Modelo PM9025 . . . . .	114
<b>C</b>	<b>Ligações</b>	<b>115</b>
C.1	Esquemático dos cabos entre o Comando Externo e as régua lineares . . . . .	115
C.2	Esquemático dos cabos entre o Comando Externo e o PVR . . . . .	117

<b>D</b>	<b>Resultados do Teste do Software</b>	<b>119</b>
D.1	Ensaio 17 . . . . .	119
D.2	Ensaio 18 . . . . .	124
D.3	Ensaio 19 . . . . .	129
<b>E</b>	<b>Manual de Utilizador AdiraPbCycle</b>	<b>135</b>
<b>F</b>	<b>Estruturas de Polinomiais</b>	<b>149</b>
	<b>Referências</b>	<b>151</b>

# Lista de Figuras

2.1	Quinadora ADIRA com acionamento hidráulico . . . . .	8
2.2	Imagem representativa de um servo motor que aciona a movimentação de uma mesa linear . . . . .	11
2.3	Sistema de controlo com realimentação . . . . .	12
2.4	Controlador Proporcional Integral . . . . .	13
2.5	Controlador Proporcional Integral Derivativo . . . . .	14
2.6	Demonstração do efeito anti-Windup . . . . .	15
3.1	Imagem representativa do comando numérico inicialmente . . . . .	18
3.2	Gráfico tempo de ciclo da quinadora . . . . .	19
3.3	Gráfico com informação de rampas e tempos mortos . . . . .	20
3.4	Imagem representativa das variáveis que influenciam na fase de Descida Rápida . . . . .	21
3.5	Imagem representativa das variáveis que influenciam na fase de Descida Lenta . . . . .	22
3.6	Imagem representativa das variáveis que influenciam na fase de Descompressão . . . . .	23
3.7	Imagem representativa das variáveis que influenciam na fase de Subida Rápida . . . . .	24
3.8	Primeira Aquisição Realizada . . . . .	25
3.9	Boards de Expansão . . . . .	25
3.10	Primeira aquisição realizada após implementação das boards . . . . .	26
3.11	Ligações em T para cada um dos eixos do Avental Móvel . . . . .	27
3.12	Ligações do Comando Externo ao PVR . . . . .	27
3.13	Ligações da Boards adaptadas ao Comando Externo . . . . .	28
3.14	Imagem representativa do comando numérico inicialmente . . . . .	28
3.15	Esquemático do Comando Externo . . . . .	28
3.16	Janela do Programa TekScope . . . . .	30
3.17	Janela do Programa CNC Link . . . . .	30
3.18	Janela que representa o PbCycle em funcionamento . . . . .	32
3.19	Apresentação gráfica dos dados adquiridos . . . . .	34
3.20	User Interface . . . . .	35
3.21	User Interface - Análise . . . . .	36
4.1	Gráficos representativos da resposta do modelo do braço Y1 . . . . .	49
4.2	Gráficos representativos da resposta do modelo com atrito estático braço Y1 . . . . .	50
4.3	Gráfico representativo da comparação das respostas da Identificação por métodos lineares (OE e ARX) . . . . .	51
4.4	Gráfico representativo da comparação das respostas da Identificação por métodos lineares (OE e BJ) . . . . .	51
4.5	Gráfico representativo da comparação das respostas da Identificação por métodos lineares . . . . .	52

4.6	Gráficos representativos da resposta do modelo com identificação não linear Fase A	53
4.7	Gráficos representativos da resposta do modelo com identificação não linear Fase B	54
4.8	Gráficos representativos da resposta do modelo com identificação não linear Fase C	55
4.9	Gráficos representativos da comparação das respostas do primeiro método de validação . . . . .	56
4.10	Gráfico representativo da comparação das respostas do método Linear e não Linear	57
4.11	Gráficos representativos da validação de um modelo para as Fases A e E . . . . .	60
A.1	Gráfico de Tensão e Pressão e Gráficos de Velocidade e Posição do ensaio 1 . . . .	66
A.2	Gráfico de Aquisição ensaio 1 . . . . .	67
A.3	Gráfico de Tensão e Pressão e Gráficos de Velocidade e Posição do ensaio 2 . . . .	68
A.4	Gráfico de Aquisição ensaio 2 . . . . .	69
A.5	Gráfico de Tensão e Pressão e Gráficos de Velocidade e Posição do ensaio 3 . . . .	70
A.6	Gráfico de Aquisição ensaio 3 . . . . .	71
A.7	Gráfico de Tensão e Pressão e Gráficos de Velocidade e Posição do ensaio 4 . . . .	72
A.8	Gráfico de Aquisição ensaio 4 . . . . .	73
A.9	Gráfico de Tensão e Pressão e Gráficos de Velocidade e Posição do ensaio 5 Ciclo 1	74
A.10	Gráfico de Tensão e Pressão e Gráficos de Velocidade e Posição do ensaio 5 Ciclo 2	75
A.11	Gráfico de Tensão e Pressão e Gráficos de Velocidade e Posição do ensaio 5 Ciclo 3	75
A.12	Gráfico de Tensão e Pressão e Gráficos de Velocidade e Posição do ensaio 5 Ciclo 4	76
A.13	Gráfico de Tensão e Pressão e Gráficos de Velocidade e Posição do ensaio 5 Ciclo 5	76
A.14	Gráfico de Tensão e Pressão e Gráficos de Velocidade e Posição do ensaio 5 Ciclo 6	77
A.15	Gráfico de Tensão e Pressão e Gráfico de Velocidade e Posição do ensaio 6 . . . .	78
A.16	Gráfico de Tensão e Pressão e Gráfico de Velocidade e Posição do ensaio 7 . . . .	79
A.17	Gráfico de aquisição do ensaio 8 . . . . .	80
A.18	Gráfico de Tensão e Pressão e Gráfico de Velocidade e Posição do ensaio 9 . . . .	81
A.19	Gráfico de Tensão e Pressão e Gráfico de Velocidade e Posição do ensaio 10 . . . .	82
A.20	Gráfico de Tensão e Pressão e Gráfico de Velocidade e Posição do ensaio 11 . . . .	83
A.21	Gráfico de Tensão e Pressão e Gráfico de Velocidade e Posição do ensaio 12 . . . .	84
A.22	Gráfico de Tensão e Pressão e Gráfico de Velocidade e Posição do ensaio 13 . . . .	85
A.23	Gráfico de Tensão e Pressão e Gráfico de Velocidade e Posição do ensaio 14 . . . .	86
A.24	Gráfico de Tensão e Pressão e Gráfico de Velocidade e Posição do ensaio 15 . . . .	87
A.25	Gráfico de Tensão e Pressão e Gráfico de Velocidade e Posição do ensaio 16 . . . .	88
A.26	Gráfico de Tensão e Pressão e Gráfico de Velocidade e Posição do ensaio 17 Ciclo 1	89
A.27	Gráfico de Tensão e Pressão e Gráfico de Velocidade e Posição do ensaio 17 Ciclo 2	90
A.28	Gráfico de Tensão e Pressão e Gráfico de Velocidade e Posição do ensaio 17 ciclo 3	90
A.29	Gráfico de Tensão e Pressão e Gráfico de Velocidade e Posição do ensaio 18 Ciclo 1	91
A.30	Gráfico de Tensão e Pressão e Gráfico de Velocidade e Posição do ensaio 18 Ciclo 1	92
A.31	Gráfico de Tensão e Pressão e Gráfico de Velocidade e Posição do ensaio 18 Ciclo 2	92
A.32	Gráfico de Tensão e Pressão e Gráfico de Velocidade e Posição do ensaio 18 ciclo 3	93
A.33	Gráfico de Tensão e Pressão e Gráfico de Velocidade e Posição do ensaio 18 ciclo 3	93
A.34	Gráfico de Tensão e Pressão e Gráfico de Velocidade e Posição do ensaio 18 ciclo 3	94
A.35	Gráfico de Tensão e Pressão e Gráfico de Velocidade e Posição do ensaio 19 ciclo 1	95
A.36	Gráfico de Tensão e Pressão e Gráfico de Velocidade e Posição do ensaio 19 ciclo 2	96
A.37	Gráfico de Tensão e Pressão e Gráfico de Velocidade e Posição do ensaio 19 ciclo 3	96
A.38	Gráfico de Tensão e Pressão e Gráfico de Velocidade e Posição do ensaio 19 ciclo 4	97
A.39	Gráfico de Tensão e Pressão e Gráfico de Velocidade e Posição do ensaio 19 ciclo 5	97
D.1	Gráfico Máquina M222 Ensaio 17 . . . . .	119

D.2	Gráfico Máquina M298 Ensaio 18 . . . . .	124
D.3	Gráfico Máquina M309 Ensaio 19 . . . . .	129
F.1	Diagrama em bloco do modelo Hammerstein . . . . .	149





# Lista de Tabelas

3.1	Tabela das Variáveis que influenciam a fase de Descida Rápida . . . . .	21
3.2	Tabela das Variáveis que influenciam a fase de Descida Lenta . . . . .	22
3.3	Tabela das Variáveis que influenciam a fase de Descompressão . . . . .	23
3.4	Tabela das Variáveis que influenciam a fase de Subida Rápida . . . . .	24
3.5	Tabela de Exemplificação do Output Previsto . . . . .	33
3.6	Tabela de Coloração Gráfica das Variáveis . . . . .	34
3.7	Tabela dos Tempos de Ciclo do Ensaio 5 . . . . .	38
3.8	Tabela dos Tempos de Ciclo dos Ensaio com Máquinas Diferentes . . . .	38
3.9	Tabela dos Tempos de Ciclo dos Ensaio com comando Cybelec . . . . .	40
3.10	Tabela dos Tempos de Ciclo dos Ensaio com comando Adcontrol . . . . .	40
3.11	Tabela dos Tempos de Ciclo do Ensaio 5 . . . . .	40
3.12	Tabela dos tempos das rampas e tempos de espera relativos a uma PM13530 . . .	42
3.13	Tabela com Tempos de Ciclo, Análise de Tempos e velocidade de Ciclo . . . . .	43
4.1	Tabela com os Parâmetros da Entrada e Saída Do Sistema . . . . .	46
A.1	Tabela de Informação do Primeiro Ensaio . . . . .	66
A.2	Tabela de Informação do Segundo Ensaio . . . . .	68
A.3	Tabela de Informação do Terceiro Ensaio . . . . .	70
A.4	Tabela de Informação do Quarto Ensaio . . . . .	72
A.5	Tabela de Informação do Quinto Ensaio . . . . .	74
A.6	Tabela de Informação do Sexto Ensaio . . . . .	78
A.7	Tabela de Informação do Sétimo Ensaio . . . . .	79
A.8	Tabela de Informação do Oitavo Ensaio . . . . .	80
A.9	Tabela de Informação do Nono Ensaio . . . . .	81
A.10	Tabela de Informação do Décimo Ensaio . . . . .	82
A.11	Tabela de Informação do Décimo Primeiro Ensaio . . . . .	83
A.12	Tabela de Informação do Décimo Segundo Ensaio . . . . .	84
A.13	Tabela de Informação do Décimo Terceiro Ensaio . . . . .	85
A.14	Tabela de Informação do Décimo Quarto Ensaio . . . . .	86
A.15	Tabela de Informação do Décimo Quinto Ensaio . . . . .	87
A.16	Tabela de Informação do Décimo Sexto Ensaio . . . . .	88
A.17	Tabela de Informação do Décimo Sétimo Ensaio . . . . .	89
A.18	Tabela de Informação do Décimo Oitavo Ensaio . . . . .	91
A.19	Tabela de Informação do Décimo Nono Ensaio . . . . .	95
B.1	Tabela dos Parametros do Comando Adcontrol do Modelo PM13530 . . . . .	100
B.2	Tabela dos Parametros do Comando Adcontrol do Modelo PM13530 . . . . .	101
B.3	Tabela dos Parametros do Modelo PM13530 . . . . .	102

B.4	Tabela dos Parametros do Comando Adcontrol do Modelo PM16030 . . . . .	103
B.5	Tabela dos Parametros do Comando Adcontrol do Modelo PM16040 . . . . .	104
B.6	Tabela dos Parametros do Comando Adcontrol do Modelo PM22040 . . . . .	105
B.7	Tabela dos Parametros do Comando Adcontrol do Modelo PM6020 . . . . .	106
B.8	Tabela dos Parametros do Comando Adcontrol do Modelo PM9025 . . . . .	107
B.9	Tabela dos Parametros do Comando DNC do Modelo PM13530 . . . . .	108
B.10	Tabela dos Parametros do Comando DNC do Modelo PM13530 . . . . .	109
B.11	Tabela dos Parametros do Comando DNC do Modelo PM16030 . . . . .	110
B.12	Tabela dos Parametros do Comando DNC do Modelo PM16040 . . . . .	111
B.13	Tabela dos Parametros do Comando DNC do Modelo PM22040 . . . . .	112
B.14	Tabela dos Parametros do Comando DNC do Modelo PM6020 . . . . .	113
B.15	Tabela dos Parametros do Comando DNC do Modelo PM9025 . . . . .	114

# Prefácio

O seguinte trabalho foi desenvolvido na unidade curricular de Dissertação, por forma à conclusão do Mestrado Integrado em Engenharia Eletrotécnica e de Computadores na Faculdade de Engenharia da Universidade do Porto. No entanto a mesma foi desenvolvida com o apoio da Adira,S.A, que desta forma proporciona a possibilidade de realização da dissertação em ambiente empresarial. O objetivo desta experiência é enriquecer o conhecimento, teórico e prático, adquirido durante a realização do curso e assim conseguir por em prática esse conhecimento.



# Abreviaturas e Glossário

NC	Numeric Control
CN	Comando Numérico
CNC	Computer Numeric Control
OAC	Open Architecture Controller
CNA	Controlo Numérico Adaptativo
DNC	Distributed Numeric Control
P	Controlador Proporcional
PI	Controlador Integral
PD	Controlador Derivativo
PID	Controlador Integral Derivativo
Td	Tempo Derivativo
Ti	Tempo Integral
K	Ganho
n/d	Não determinado
AC	Alternating Current
DC	Direct Current
PVR	Proportional Valve Regulation
Ta	Tempo de Amostragem
UDC	Upper Death Center
BDC	Bottom Death Center
oe	Output-Error
bj	Box-Jenkins
arx	Auto Regressive with eXogeneous Input
UI	User Interface
Tc	Tempo de Ciclo
CE	Conformidade Europeia
BFT	Best Fit
software	conjunto de constituintes programáticos de suporte ao hardware
hardware	conjunto de constituintes físicos de suporte ao software
avental móvel	avental superior móvel da quinadora
comando externo	célula de análise composta por um CNC A50
toolbox	conjunto de ferramentas (referente ao programa Matlab)



# Capítulo 1

## Introdução

### 1.1 Empresa

Ao longo de vários anos a empresa Adira, S.A focou a sua atividade na conceção, produção e comercialização de diversas máquinas-ferramentas, entre as quais se inserem as quinadoras.

A Adira foi fundada em 1956 por António Dias Ramos, iniciou a sua atividade num pequeno estabelecimento, cuja produção se restringia a pequenos tornos, fresadoras e máquinas de aplinar. Após um período de evolução, introduziu em Portugal diversas máquinas de processamento de metal, nomeadamente, guilhotinas mecânicas e quinadoras hidráulicas.

Nos anos 70 aperfeiçoou as máquinas do ponto de vista mecânico e equipou-as com diversas tecnologias eletrónicas, entre as quais o comando numérico, que com o aparecimento dos microprocessadores, começou a ser incorporado em máquinas ferramenta. Com a agregação das tecnologias mecânica e eletrónica numa única máquina foi possível o desenvolvimento da primeira quinadora hidráulica com sincronismo eletrónico e controlo numérico (CNC). O progresso da eletrónica digital potenciou o aparecimento das quinadoras multi-eixos.

Na década de 90, a Adira passou a ser a primeira empresa certificada com ISO 9000, e a primeira do mundo a apresentar a sua gama completa com certificado CE. Apresentou ainda guilhotinas com sistema anti-torção e quinadoras com sistemas automáticos de compensação da deformação.

Na passagem do milénio, produziu a primeira máquina de corte a laser do país e inicia-se na robotização. Nesta altura consolida a posição da empresa no mercado através da introdução de novos desenvolvimentos tecnológicos nos seus produtos, e reforça a sua vocação exportadora com a abertura das primeiras subsidiárias em França e no Reino Unido. Nos últimos anos a empresa realizou diversas inovações tanto em máquinas laser como quinadoras, como é o exemplo da GreenBender, uma quinadora híbrida.

A Adira,S.A apresenta-se como uma empresa inovadora que investe no desenvolvimento e inovação dos seus produtos. A inovação tecnológica traduz-se na sofisticação dos equipamentos desenvolvidos pelo seu departamento de Engenharia, e é apoiada por diversas Universidades e Institutos de Investigação e Desenvolvimento pertencentes ao Sistema Científico Nacional.

Atualmente a Adira conta com um leque de clientes muito diversos, tais como NASA, Boeing, Lockheed, Bombardier, OGMA, TAP Air Portugal, Air France, Vulcano, Salvador Caetano, Metalogalva, Galucho, Leci-Trailer, Zamarbu, Siemens, Motorola, Efacec, Alfa Laval, Thyseen, Carrier, US Navy entre outras, muitos deles contribuindo para uma elevada percentagem da exportação.

## 1.2 Motivação

A necessidade de um elevado grau de qualidade e desempenho dos produtos implica que os seus sistemas de controlo permitam o correto funcionamento da máquina sem que haja nenhum interveniente, mecânico ou elétrico, que reduza o seu desempenho. Para alcançar este objetivo, os parâmetros do sistema de controlo devem estar devidamente calibrados. Atualmente, o grande problema da calibração das máquinas reside no facto desta depender, maioritariamente, da avaliação do ensaiador, pelo que, ensaiadores diferentes avaliam a máquina de forma diferente. Os ensaiadores seguem um guião por forma a assegurar que as máquinas cumpram os requisitos necessários para o seu correto funcionamento. Apesar deste guião, a análise é qualitativa. Assim, dependendo do ensaiador, uma máquina poderá realizar ciclos mais curtos ou mais longos, paragens mais bruscas ou mais suaves, não existindo uniformidade no funcionamento das diferentes máquinas.

Como não existe uma equidade na calibração das máquinas, duas máquinas idênticas podem ter desempenhos diferentes, ou seja, apesar de serem do mesmo modelo e terem as mesmas especificações uma terá uma produtividade maior do que a outra. Torna-se então urgente reduzir esta diferença, sendo para isso necessário avaliar em que ponto é que máquinas idênticas apresentam desempenhos diferentes para que se possa atuar de forma adequada. Como nem todas as máquinas são desenvolvidas de igual modo, é necessário compreender que tentar uniformizar o desempenho de todas as máquinas é um objetivo muito complexo e difícil de ser alcançado. É, no entanto, possível detetar essas diferenças e reduzi-las através duma parametrização adequada dos sistemas de controlo.

Torna-se assim necessário o desenvolvimento de uma célula, que seja capaz de interagir com a máquina, recolhendo os valores das suas variáveis e, que avalie a partir destas o seu desempenho, permitindo decidir se será necessário a alteração dos parâmetros do sistema de controlo. O foco do trabalho a desenvolver irá incidir na adaptação de um controlador já existente para a realização



desta interação onde serão aplicados os conhecimentos adquiridos ao longo do curso de Mestrado em Engenharia Eletrotécnica e de Computadores num problema do mundo real.

### 1.3 Procedimento adoptado

O desenvolvimento deste trabalho teve as seguintes fases:

1. Preparação e compreensão da máquina a estudar;
2. Implementação do comando numérico;
3. Desenvolvimento do *software* de análise no comando numérico;

De forma a compreender o problema, foi necessário saber como funciona uma quinadora e as funções dos seus sistemas de controlo. O desenvolvimento do trabalho em ambiente empresarial proporcionou a compreensão prática do problema.

Para complementar a pesquisa, foi necessário organizar diversos dados relativos à parametrização dos CNC das quinadoras, que são recolhidos no fecho do processo de produção de uma máquina. A organização destes dados facilita a pesquisa e análise de um determinado parâmetro da quinadora, dado que o CNC tem um elevado número de parâmetros de controlo referentes ao avental móvel e aos diversos eixos que compõem a quinadora.

Os dados recolhidos de máquinas, anteriormente vendidas, possibilitaram um ponto de partida quanto às diferenças nas parametrizações das máquinas. A análise e organização destes dados facilitou a identificação de parâmetros incomuns, ou seja, valores que não correspondem ao esperado.

O estudo teórico e estatístico das quinadoras, realizou-se uma aprendizagem dos procedimentos para a sua calibração, através da observação de várias sessões de calibração. A observação destas sessões permitiu uma compreensão mais aprofundada da adquirida através do estudo teórico realizado inicialmente.

A segunda fase consistiu na implementação da célula a partir da reutilização de um antigo comando. A principal característica do comando em questão, um Adcontrol 50, é a possibilidade de utilização de um osciloscópio (que permite monitorização de sinais elétricos) que o mesmo possui embutido no controlador.

A utilização deste comando numérico (designado adiante por comando externo), permite adquirir a informação diretamente de uma máquina antes da sua expedição para o cliente, e assim poder guardar informações que possam servir de registo do seu funcionamento. Tendo em vista este objetivo, foi necessário realizar ensaios que permitissem compreender o estado do mesmo, e assim determinar as alterações ou adições a serem realizadas para que este fosse dotado desta nova funcionalidade.

Na fase final, desenvolveu-se, no comando externo, um *software* que analisa a informação recolhida. Este *software* quantifica os diferentes tempos utilizados durante o processo de quinagem. Este *software* foi testado através de ensaios onde, com a ajuda do osciloscópio integrado no comando externo, se verificou se estava a avaliar corretamente os dados, e se definiram as modificações necessárias para um funcionamento correto. Depois de testado, este software foi utilizado para analisar dados de várias máquinas.

O dados recolhidos pelo comando externo foram também utilizados para estimar modelos dinâmicos que descrevem o funcionamento dos diferentes ciclos da quinadora. Estes modelos permitem prever o funcionamento da quinadora em diferentes situações sem que seja necessário efetuar qualquer ensaio físico. Poder-se-á, assim, fornecer ao cliente uma informação individualizada sobre o desempenho da máquina e mesmo detetar, em muito pouco tempo e com muito baixo custo, anomalias que não foram observadas nos ensaios. Por outro lado, uma análise estatística dos modelos das máquinas que são produzidas permitirá intervir no processo de fabrico das mesmas por forma uniformizar o produto final.

## 1.4 Organização do Documento

O presente documento está dividido em cinco capítulos, cada um com um objetivo muito definido, onde está exposto e explanado, cada um dos diferentes assuntos tratados no desenvolvimento do trabalho.

No presente capítulo é feita uma pequena introdução, onde se pretende, que o leitor possa compreender rapidamente as questões e objetivos a alcançar durante a realização do trabalho. Como a dissertação foi desenvolvido em ambiente empresarial, começamos por descrever a empresa onde o trabalho foi desenvolvido. Seguidamente expomos a motivação deste trabalho bem como os objetivos e relatados os pontos a desenvolver. Segue-se uma secção onde é descrito o procedimento adotado à resolução do problema.

No segundo capítulo descrevem-se as quinadoras e os seus constituintes, a saber:

- Quinadoras,
- Comandos Numéricos (CNC),
- Controladores,
- Sistemas Servo Hidráulicos,
- Identificação de Sistemas.

Esta divisão visa abranger todos os constituintes do trabalho e surgir como uma introdução teórica dos mesmos, por forma a elucidar o leitor quanto aos conceitos envolvidos e a serem utilizados nos capítulos seguintes.

No capítulo três é descrita a implementação do sistema de análise que, como foi referido anteriormente, consistiu na modificação dum comando numérico já existente de forma a poder adquirir e analisar os dados de funcionamento da quinadora. São descritos o *hardware* e o *software* desenvolvido para o processamento dos sinais recolhidos e a análise do desempenho das máquinas. De notar que este capítulo contém muita informação pelo que foi necessário dividi-lo em cinco secções. Na primeira é feita uma introdução à implementação do sistema, onde são apresentados o seu estado inicial e os problemas passíveis de serem encontrados durante o funcionamento das quinadoras. É também descrito o ciclo de quinagem, com uma explicação das diferentes fases que o constituem. Na segunda secção é relatada tanto implementação do *hardware* do comando externo como da metodologia utilizada na realização dos ensaios. O desenvolvimento do software é abordado na terceira secção. As quarta e quinta secções são de análise. Na quarta faz-se uma análise comparativa entre os dados adquiridos, tendo em consideração máquinas diferentes (Modelo e Comando), e na quinta analisam-se os resultados alcançados.

No quarto capítulo pretende apresentar uma solução alternativa ao problema baseada na estimação de modelos dinâmicos para as diferentes fases de quinagem, encontra-se dividido em duas secções. Na primeira aborda-se a necessidade de se dispor de um modelo para se poder fazer a simulação da quinadora e descreve-se uma metodologia de estimação desse modelo a partir de dados experimentais. Na segunda secção, explica-se como é que o controlador externo pode ser utilizado para a aquisição de dados de identificação. Depois descreve-se de que forma é utilizada a *toolbox* de identificação de sistemas, para conseguir estimar e validar modelos dinâmicos que descrevam, com uma precisão assinalável, as diferentes fases do processo de quinagem. Os resultados demonstram a viabilidade deste tipo de técnicas para a análise e o controlo de qualidade das quinadoras antes de estas serem entregues ao cliente final.

No capítulo cinco são apresentadas as conclusões do trabalho desenvolvido e propostas ideias para desenvolvimento futuro.



## Capítulo 2

# Quinadoras e Componentes

Neste capítulo são descritas quinadoras e componentes bem como a sua evolução. O capítulo serve como uma apresentação teórica ao trabalho desenvolvido.

### 2.1 Quinadoras

A quinagem é um processo de deformação (conformação) plástica de chapa, executado por uma máquina-ferramenta designada por quinadora. Esta máquina utiliza uma multiplicidade de ferramentas e de métodos de quinagem possibilitando obter chapas com diferentes aberturas.

Tem sido beneficiada com a introdução de *encoders* e comandos numéricos que, além de adicionarem capacidades de trabalho e permitirem uma maior uniformidade e fiabilidade de operação, reduzem a intervenção do operador no processo de quinagem.

As quinadoras têm um Avental Superior móvel que segura os punções ( ou cunhos) e um Avental Inferior fixo. São classificadas de acordo com o tipo de acionamento do Avental Superior. Tem-se assim quinadoras mecânicas, hidráulicas, híbridas e elétricas.

#### 2.1.1 Quinadoras Mecânicas

Na quinadora mecânica, um motor elétrico fornece energia a um volante de inércia, através de um veio motor. Por sua vez, uma embraiagem, por meio de um sistema de engrenagens, faz a ligação entre o volante de inércia e um sistema biela-manivela que move o avental superior verticalmente. Para conseguir ciclos de funcionamento com elevadas cadências necessita de uma energia considerável que pode levar a disparos do motor, por aquecimento do mesmo. Esta característica pode tornar-se perigosa. Neste tipo de acionamento são geradas forças de grande intensidade no momento em que o avental móvel se encontra próximo do seu ponto morto inferior.

Este tipo de quinadora dominou o mercado até aos anos 50 do século XX. Como necessitava de mão de obra muito especializada, deixou de ser utilizada quando as quinadoras hidráulicas tiveram desenvolvimentos significativos que as tornaram mais fiáveis, eficientes e mais fáceis de operar.

### 2.1.2 Quinadoras Hidráulicas

Na Figura 2.1 pode ver-se uma quinadora hidráulica. Nestas quinadoras o avental móvel é movimentado pelo fluxo de óleo em um, dois ou mais cilindros hidráulicos. Consoante o óleo esteja a entrar ou a sair numa das câmaras do cilindro, o avental móvel efetua movimentos de descida ou de subida. A velocidade depende da quantidade de óleo movimentada .



Figura 2.1: Quinadora ADIRA com acionamento hidráulico

Quando o óleo é introduzido na câmara na câmara superior o avental móvel desce. Para aumentar a velocidade de descida é necessário retirar o óleo da câmara inferior. Para subir o avental faz-se o inverso.

A entrada e saída do óleo das câmaras do cilindro é controlada por uma servo válvula com a ajuda de um motor elétrico.

Com a melhoria significativa dos sistemas hidráulicos e com a introdução dos comandos numéricos computadorizados, as máquinas quinadoras hidráulicas tornaram-se extremamente precisas e flexíveis e, de alguma forma, independentes do operador, sendo muito pouco trabalho requerido aos operários que com elas operam.

### 2.1.3 Quinadoras Híbridas

As primeiras quinadoras com acionamento híbrido surgiram na década de 90.

O método de uma quinagem por acionamento híbrido é caracterizado por um servomotor, conectado a uma bomba hidráulica através de um veio. Para movimentar o avental móvel é necessário criar pressão hidráulica na bomba. Qualquer alteração da velocidade do motor elétrico reflete-se na velocidade da bomba.

No processo de quinagem, a velocidade de descida do avental móvel, controlada pelo servomotor,

é pré programada.

Este sistema é muito beneficiado pela ligação direta entre o servomotor e a bomba hidráulica, pois a ausência de válvulas aumenta a sua precisão e diminui o consumo de óleo, que é muito inferior ao duma quinadora hidráulica.

#### **2.1.4 Quinadoras Elétricas**

As primeiras quinadoras com acionamento elétrico surgiram na década de 90. Tal como as quinadoras de acionamento híbrido, apresentadas na secção anterior, estas surgiram como resultado da preocupação do meio ambiente.

Estas quinadoras utilizam correias e polias, ou então um sistema denominado por “Direct Drive”. Este sistema é caracterizado por baixos níveis de manutenção e consumo, pois a máquina apenas gasta energia quando se encontra em movimento. O próprio controlo da velocidade e das forças envolvidas no sistema é simplificado. Tal como nas quinadoras híbridas, a fonte de movimento é um servomotor.

## **2.2 Comandos Numéricos Computorizados**

O Comando Numérico Computorizado (CNC) garante movimentos precisos e um bom nível de sincronismo e de repetibilidade de paragem do órgão Avental Móvel. Permite, também, calcular diversos parâmetros de quinagem, tais como as velocidades do avental móvel, a profundidade de quinagem e a sua sequência. Ao automatizar o processo de produção permite agilizar o de fabrico de peças quinadas, tornando-o mais flexível, e possibilita a alternância entre diversos programas de quinagem. A principal função do CNC é ler continuamente os valores dos parâmetros definidos no sistema e estabelecer uma comparação com os valores atingidos por esses mesmos parâmetros.

### **2.2.1 Desenvolvimento e Evolução**

O comando numérico começou por ser, nas décadas de 40 e 50 do século XX, um controlador analógico auxiliado com ferramentas que eram modificadas para poder indicar qual o caminho da máquina. Mais tarde, através da digitalização, foi possível a introdução de sinais analógicos e digitais, criando os atuais CNC, que revolucionou os processos. Então os Comandos Numéricos (CN) passaram então a ser controlados por microprocessadores. Surgiram depois os Comandos com arquitetura aberta que permitiram a sua personalização. O passo seguinte da evolução, surgiu na forma de Soft-NC que utiliza um PC para projeção e é orientada aos objetos a produzir. O controlo multi-eixo permitiu uma combinação de deslocamentos lineares e rotacionais, aumentando a flexibilidade dos processos. A adição de diversas tarefas fez com que o CNC se transformasse num comando flexível.

## **2.2.2 Tipos de Comandos Numéricos**

### **2.2.2.1 Comando Numérico**

O Comando Numérico (CN) permite um controlo contínuo da movimentação de cada eixo para que seja executada uma trajetória precisa tanto na forma como na velocidade, através do cálculo das trajetórias, por forma a atingir os pontos pretendidos simultaneamente. Esses pontos são previamente programados. Com o desenvolvimento de hardware este comando foi substituído por versões mais evoluídas, como o comando numérico computadorizado, o adaptativo e o distribuído.

### **2.2.2.2 Comando Numérico Computorizado**

Um Comando Numérico Computorizado (CNC) dispõe de uma metodologia idêntica à de um CN, mas dispõe de um computador para processar os dados recolhidos. A adição de uma unidade para processamento levou a um desenvolvimento nos equipamentos. Através duma programação adequada é possível realizar a alteração das características, evitando assim uma operação física, o que proporciona uma maior facilidade na utilização de máquinas auxiliadas CNCs, reduzindo desta forma o número de falhas.

Comparativamente ao CN o CNC trouxe diversos benefícios, nomeadamente a melhoria das condições de programação e comando o que permite maior facilidade de correção de parâmetros e otimização do programa; a expansão das possibilidades de controlo, facilitando a identificação de defeitos no processo de controlo e a delimitação de parâmetros de trabalho, e melhorias de operação da máquina, com compensação de folgas e erros de posicionamento; o controlo da velocidade da máquina, a possibilidade de ciclos de trabalho; e a inclusão de funções para controle adaptativo.

O CNC acarreta diversas vantagens, entre as quais uma grande produtividade, extrema flexibilidade de fabricação devido à facilidade de alteração das peças de trabalho, grande precisão e repetibilidade, possibilidade de controlo rígido de fabricação, redução do efeito do erro humano e do esforço do operário permitindo um aumento da produção, e redução de inventário de produção por causa da redução do tempo de produção. Contudo, o CNC também é caracterizado por alguns aspetos negativos, como o seu elevado custo, mão-de-obra especializada e necessidade de uma elevada organização.

### **2.2.2.3 Comando Numérico Adaptativo**

O Comando Numérico Adaptativo (CNA) é idêntico a um CNC mas com função adaptativa, que surge como uma metodologia de controlo do processo. Esta metodologia permite medir as variáveis do processo por forma a otimizar o mesmo. Contudo, a adição destas vantagens acarreta gastos adicionais, para além do método não acrescentar fiabilidade, devido à quantidade de variáveis que caracterizam o funcionamento de uma quinadora.



#### 2.2.2.4 Comando Numérico Distribuído

Num Comando Numérico Distribuído, diversas máquinas são controladas por um computador central que supervisiona a utilização de programas NC. Este comando proporciona uma maior facilidade e rapidez de acesso a programas, permite a transferência de programas longos devido ao incremento da capacidade de memória, e um maior flexibilidade, por causa da independência de cada CNC.

#### 2.2.3 Controle da Movimentação

A movimentação das Máquinas é realizada por motores servo que permitem um controlo do movimento linear da máquina. Existem os seguintes tipos de motores servo: Servo Motor DC, Servo Motor AC síncrono e Servo Motor AC de indução. Para o controlo exato da movimentação é necessário o auxílio de *encoders*. Estes dispositivos, originalmente usados para medir a posição, podem ser utilizados como velocímetros através da medição da frequência dos impulsos que geram. Um servo motor tem um movimento de rotação pelo que necessita de um conversor de movimento para acionar movimentos lineares. Os “ball screw” fazem essa transformação e normalmente estão presentes em mesas lineares acionadas por servo motores.

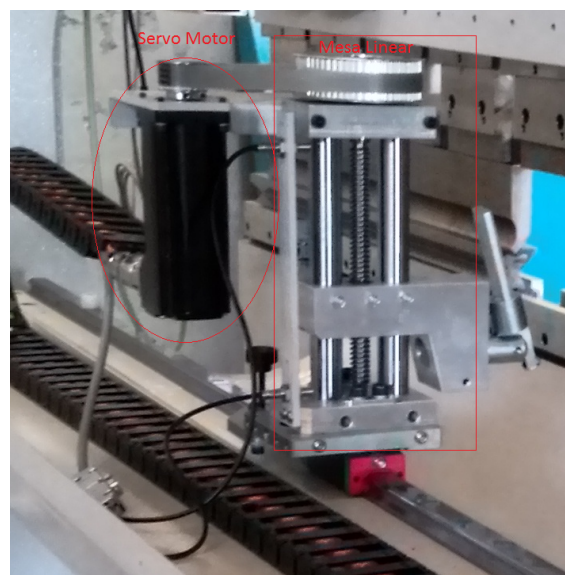


Figura 2.2: Imagem representativa de um servo motor que aciona a movimentação de uma mesa linear

A movimentação tem associado um erro denominado por Erro de Seguimento (Following Error). Este erro é caracterizado pela diferença entre a posição desejada e a posição atual medida pela régua linear e vai depender do desempenho do controlador e do servo.

## 2.3 Controladores

O objetivo da teoria do controlo é fazer com que a saída dum sistema dinâmico, designado por processo, siga um determinado sinal, designado por referência, independentemente das perturbações que o sistema possa sofrer. A referência pode ser constante ou variável no tempo. Normalmente este objetivo é alcançado com um sistema de controlo com realimentação idêntico ao representado na Figura 2.3. Este sistema mede a saída  $y(t)$  do processo e compara-a com a referência  $r(t)$ . O erro de seguimento  $e(t) = r(t) - y(t)$  é a entrada do controlador que gera o sinal de controlo  $u(t)$  através de uma determinada lei de controlo que normalmente é a combinação de várias ações de controlo.

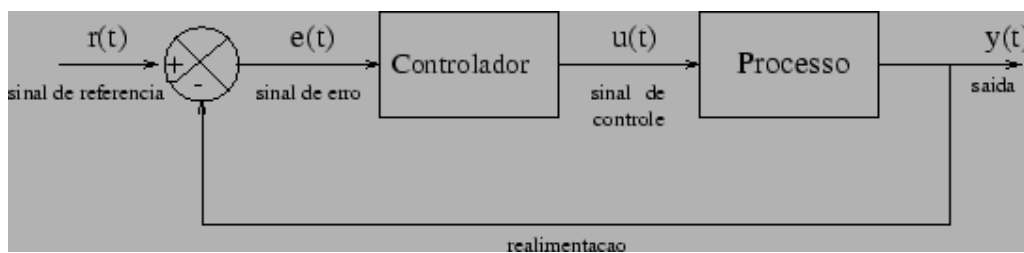


Figura 2.3: Sistema de controlo com realimentação

As ações de controlo mais frequentes são a ação proporcional, a integral e a derivativa, que geram sinais proporcionais ao erro, ao seu integral e à sua derivada, respetivamente. Somando estas três ações obtém-se a lei de controlo Proporcional Integral e Derivativo, designado por controlador PID:

$$u(t) = K(e(t) + \frac{1}{T_i} \int_0^t e(t') dt' - T_d \frac{de}{dt}) \quad (2.1)$$

Donde  $K$  é o ganho proporcional,  $T_i$  o tempo integral e  $T_d$  o tempo derivativo. Estes parâmetros são ajustados para que o sistema tenha um determinado comportamento, que depende da dinâmica do processo. Uma formulação alternativa é a expressa na seguinte equação:

$$u(t) = Ke(t) + K_i \int_0^t e(t') dt' - K_d \frac{de}{dt} \quad (2.2)$$

onde  $K$  continua a ser o ganho proporcional,  $K_i = \frac{K}{T_i}$  o ganho integral e  $K_d = T_d K$  o ganho derivativo.

### 2.3.1 Controlador Proporcional Integral (PI)

Uma vez que uma entrada nula num integrador pode apresentar uma saída não nula, a ação integral permite que uma referência constante, o erro  $e(t)$ , em regime permanente, seja nula e, consequentemente, a saída  $y(t)$  seja igual à referência. Isto não é possível num controlador só

com ação proporcional, a menos que o processo integre internamente o sinal de controle <sup>1</sup>. No entanto a ação integral piora o desempenho dinâmico do sistema, fazendo com que fique mais lento, podendo mesmo, em certas situações, torná-lo instável. Por este motivo não é comum encontrarmos controladores constituídos unicamente por uma ação integral. Normalmente esta vem acompanhada com uma ação proporcional dando origem a um controlador PI, ou seja, controlador Proporcional Integral.

Igualando  $T_d$  a zero na equação (2.1), obtém-se a lei de controlo do controlador PI:

$$u(t) = K \left( e + \frac{1}{T_i} \int_0^t e(t') dt' \right) \quad (2.3)$$

A parte Integral produz uma função de transferência do controlador com um pólo na origem (sistema do tipo um) eliminando portanto erros estacionários com entradas de referência constantes[8].

O controlador PI é composto pelas ações integral e proporcional, e a junção das duas permite eliminar efeitos negativos criados pela ação integral e que foram anteriormente referidos. Ao introduzir um zero no semiplano esquerdo na função de transferência do controlador, a adição da ação proporcional reduz estes efeitos negativos da ação integral. Na Figura 2.4 pode-se observar a função de transferência dum controlador PI com o ganho proporcional  $K = K_p$ .

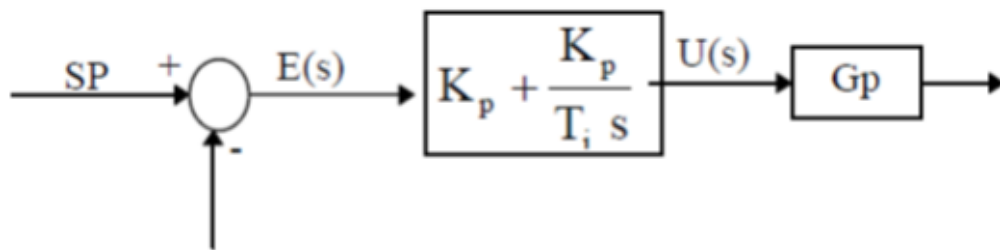


Figura 2.4: Controlador Proporcional Integral

O controlador PI é adequado para processos onde a dinâmica é essencialmente de primeira ordem (sistema de controlo de nível em tanques isolados, tanques reatores misturados, sistemas de controlo de velocidade, etc.) [9].

### 2.3.2 Controlador Proporcional Integral Derivativo (PID)

Nos controladores PID as ações proporcional, integral e derivativa somam-se para gerar o sinal de controlo. A remoção de qualquer uma destas ações altera o controlador pelo que, este deixa de

<sup>1</sup>Um motor é atuado por um binário que provoca o movimento que se manifesta através de uma velocidade angular. Como a posição angular do veio é o integral da sua velocidade angular, um motor cuja saída seja a posição contém uma ação integral interna, não necessitando de binário para permanecer numa determinada posição

ser apelidado de PID.

Como ao antecipar o comportamento do sistema a ação derivativa melhora o seu desempenho dinâmico, os controladores PID são utilizados em sistemas que necessitam, simultaneamente, de uma ações integral de resposta rápida sem oscilações ou com oscilações rapidamente amortecidas e de baixa amplitude. Na Figura 2.5 pode ver-se a função de transferência dum controlador PID.

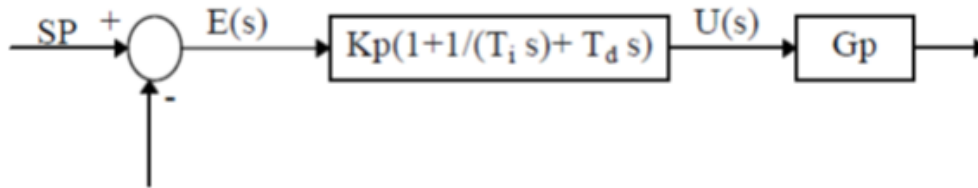


Figura 2.5: Controlador Proporcional Integral Derivativo

$$u(t) = K\left(e + \frac{1}{T_i} \int_0^t e(t') dt' - T_d \frac{de}{dt}\right) \quad (2.4)$$

### 2.3.3 Efeito Windup

O efeito windup é o efeito caraterístico dos sistemas com controladores com ação integral. Este efeito aparece devido a conjugação da ação integral com uma não linearidade do tipo *saturação* existente nos atuadores do mundo real. Consiste na integração do erro quando o atuador está saturado. Nesta situação, a saída do atuador mantém-se constante (p.e., no seu máximo) e o sistema funciona sem realimentação, apesar do integral do erro continuar a crescer (a saída é inferior à referência). Este só deixa de crescer quando o erro inverte, ou seja, quando a saída passa a ser superior à referência. No entanto, como cresceu demasiado demorará algum tempo até tirar o atuador da situação de saturação e recolocar o sistema a funcionar com realimentação. Como, durante a saturação do atuador o sistema funcionou em malha aberta sempre com o sinal de controlo no igual ao máximo, esta situação só é revertida algum tempo depois do erro se inverter, podendo a saída apresentar uma sobre-elevação considerável.

Habitualmente, os controladores com ação integral são dotados de um sistema anti-windup que consiste em parar a integração sempre que o atuador satura. A Figura 2.6 ilustra como é que um sistema anti-windup consegue reduzir as oscilações provocadas pela saturação do atuador. Nesta figura são comparadas as saídas dum sistema sem (linha a tracejado) e com anti-windup (linha continua).

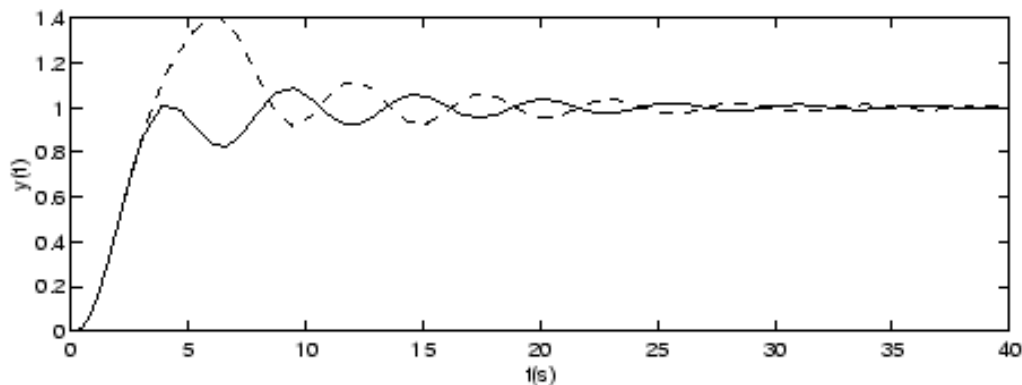


Figura 2.6: Demonstração do efeito anti-Windup

### 2.3.4 Autosintonia do Controlador

Os parâmetros dum controlador PID são calculados a partir de parâmetros do processo que pretende calcular. Como estes podem ser medidos durante o funcionamento normal do sistema com uma simples reconfiguração do controlador, e como as plataformas onde os controladores PID estão implementadas têm uma capacidade de cálculo considerável, existem controladores PID capazes de determinar os seus próprios parâmetros sem intervenção humana. Só necessitam de ser ligados ao sistema e o seu *software* interno mede os parâmetros do processo através destes e calcula os parâmetros do PID. Quando isto acontece diz-se que o controlador tem capacidade de Auto-sintonia (auto tuning).

## 2.4 Sistemas Hidráulicos

Os sistemas Hidráulicos são constituídos por diversos subsistemas sendo que o seu objetivo é transformar energia hidráulica em energia mecânica, através do fluido que percorre o sistema, sendo, por vezes, comparado a um gerador elétrico, “A pump does for hydraulics what a generator does for electricity” [5].

Um sistema hidráulico é constituído por diversos componentes, entre eles os motores hidráulicos que podem ser lineares ou rotativos. Os motores lineares possuem um pistão, inserido cilindro, que se move por ação da pressão resultante do fluxo dum fluido injetado no cilindro. A velocidade do pistão é diretamente proporcional à quantidade de fluxo injetado [5].

O Controlo da Velocidade é realizado pela quantidade de fluido que entra na câmara do cilindro. Consoante a necessidade de movimento de subida ou descida é necessário inserir ou retirar o fluido das câmaras do cilindro para poder realizar a alteração de velocidade. O dispositivo, que controla esta movimentação do fluido, designa-se por servo válvulas.

## 2.5 Identificação de Sistemas

Identificar um sistema é estimar o seu modelo dinâmico a partir de medições dos seus sinais de entrada e de saída recolhidos durante o funcionamento normal ou experiências previamente planeadas. O seu objetivo pode ser simular o funcionamento do sistema ou obter simplesmente um modelo que sirva de suporte ao projeto dum controlador.

Para identificar um sistema, é necessário efetuar os seguintes passos: aquisição de dados, seleção da estrutura do modelo, estimação dos parâmetros e a validação [30]. Este processo é iterativo podendo alguns passos determinar a repetição de passos posteriores.

A aquisição de dados pode ser feita em funcionamento normal ou em testes e ensaios previamente planeados. É fundamental para uma correta identificação que os dados sejam informativos. Para que isto seja conseguido o planeamento de testes e ensaios deve incluir a geração de sinais de entrada com excitação suficiente e, se possível, ótima. No funcionamento normal, de forma a assegurarem-se dados informativos tem que se perturbar a entrada dentro de limites toleráveis.

A estimação de parâmetros pode ser feita por vários estimadores, alguns dos quais foram utilizados no trabalho tal como será explicado na Secção 4. Estes estimadores determinam os parâmetros através da minimização dum critério de um erro. O erro mais usado é o erro de saída e o critério é a soma dos quadrados dos erros. O modelo estimado deve ser validado antes de ser utilizado. A validação deve ser feita com outros dados cruzados para evitar o efeito de overfitting. Os dados de validação são também pares de entrada saída medidos que não foram utilizados na estimação de parâmetros. O modelo estimado é simulado com os dados de validação. Se o erro entre as saídas medida e simulada estiver dentro de determinados limites o modelo é considerado válido.

A identificação dum sistema pode ser realizada através de técnicas baseadas no domínio das frequências ou no domínio dos tempos. Inicialmente, a metodologia utilizada para identificação dos sistemas, era baseada no domínio das frequências, devido à sua ligação com o critério de estabilidade Nyquist, para estudo da estabilidade do sistema. Contudo, o desenvolvimento tecnológico, proporcionou condições para o desenvolvimento de métodos baseados no domínio dos tempos, nomeadamente, uma grande facilidade de aquisição e armazenamento de dados.

A validação do modelo é exclusivamente o estudo da resposta do modelo adquirido, às entradas que são induzidas no modelo, pelo que é necessário comparar a simulação obtida com os valores reais do sistema. Após estimação, o modelo pode ser alvo de uma validação imediata, cujo estudo se insere na avaliação da resposta ser aceitável. Por outro lado o mesmo modelo pode ser refinado através de sucessivas iterações, que permitam simplificar o modelo do sistema.

## **Capítulo 3**

# **Célula de Análise ao Funcionamento de uma Quinadora**

Neste capítulo é apresentado a implementação da célula para análise da quinadora. Encontra-se dividido em três partes distintas: análise, implementação e análise de resultados. Descreve todo o processo de implementação e desenvolvimento da célula, contendo pequenos tópicos para a utilização da mesma e uma análise às máquinas avaliadas.

### **3.1 Análise inicial do sistema a implementar**

A análise desenvolvida neste trabalho incide sobre parâmetros que normalmente não são avaliados: a rampa de velocidade e o tempo de ciclo de quinagem. Pretende-se que a descida e subida do braço da quinadora sejam rápidas para maximizar o número de peças quinadas por dia. Nestas fases do ciclo, a quinadora deve atingir a velocidade máxima o mais rapidamente possível mas com uma aceleração uniforme para que o funcionamento da máquina seja suave, o que se traduz numa variação de velocidade em rampa, ou em algo muito parecido. Por outro lado, ao controlar o tempo de ciclo das máquinas, pretende-se uniformizar as mesmas e proporcionar uma equivalência nas peças produzidas por máquinas idênticas.

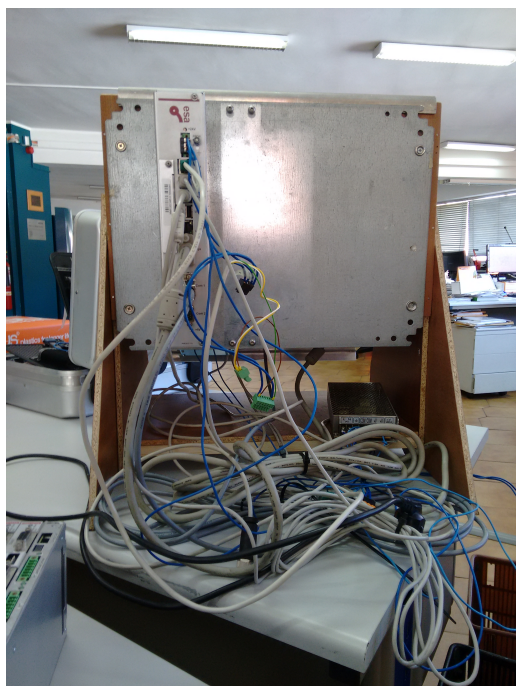
#### **3.1.1 Ensaio e Configuração de Parâmetros**

Como não existe uma metodologia uniforme na montagem das máquinas, estas precisam de ser ensaiadas para detetar e eliminar os erros de montagem. Algumas das inconformidades necessitam duma afinação mecânica. Contudo, muitas podem ser corrigidas através duma simples reconfiguração dos parâmetros do CNC. Consequentemente, os ensaios e afinações servem tanto para a otimização mecânica, como para a parametrização do CNC.



### 3.1.2 Comando Externo e Software Disponível

Devido ao estado das ligações no comando externo, que provavelmente provocaria a sua degradação se fosse utilizado em ambiente industrial, foi necessário um trabalho inicial de preparação onde se refizeram certas ligações e se substituíram o adaptador, pontas e cabos (ver Figura 3.1).



(a) Vista Traseira



(b) Comando Numérico

Figura 3.1: Imagem representativa do comando numérico inicialmente

Inicialmente as ligações estavam todas dirigidas para o comando numérico, apresentado na figura 3.1(a), contudo, foi necessário realizar alterações para se alcançarem os objetivos pretendidos. Estas alterações são explicadas na Secção 3.2.2. O comando externo permite a possibilidade de aquisição de dados de guilhotinas<sup>1</sup>, outro tipo de máquina produzido na ADIRA, o que permite aumentar o leque de máquinas a estudar.

O software inicial para aquisição de dados era o *TekScope*, que será explicado na Secção 3.3.1. Este software que serviu como exemplo para os programas desenvolvidos, visto ser um muito completo e permitir a visualização imediata dos dados adquiridos.

### 3.1.3 Identificação dos Problemas

Após a aquisição de um ciclo da quinadora<sup>2</sup>, é possível identificar situações que podem ser alvo de melhoria para diminuir o tempo de ciclo da máquina. Existem dois ciclos no funciona-

<sup>1</sup> Não são alvo de estudo neste tema de Dissertação

<sup>2</sup> O Ciclo de quinagem é referente à pressão do sistema, é representado por um movimento de descida rápida, seguido de uma aproximação à chapa e finalmente retorno ao ponto inicial



mento da máquina: O de pressão e o de velocidade. Estes ciclos referem-se aos valores de pressão no atuador hidráulico e velocidades do braço nas diferentes fases do ciclo de quinagem. Estes ciclos podem ser observados no TekScope ou através dos dados de pressão e velocidades adquiridos pelo comando e exportados para plataforma externa<sup>3</sup>, como mostra a Figura 3.2.

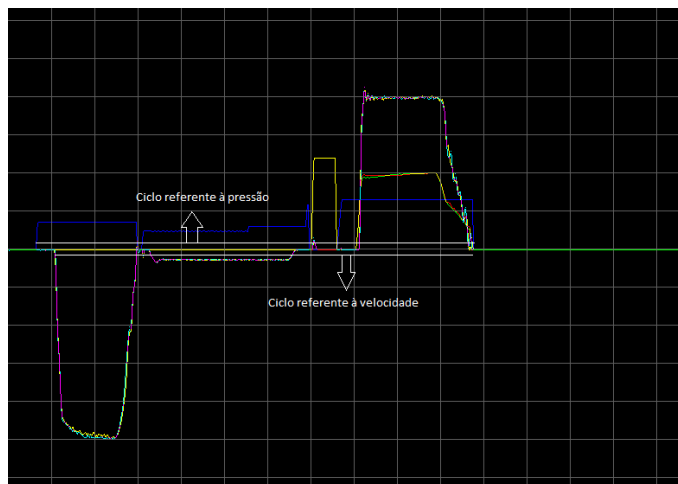


Figura 3.2: Gráfico tempo de ciclo da quinadora

Os problemas que se podem detetar através da observação destes ciclos são a existência de pontos mortos e a não linearidade das rampas de velocidade. A diminuição, ou possível a eliminação, dos pontos mortos aumenta a produtividade da máquina. As rampas lineares de velocidade evidenciam um funcionamento suave da máquina com menos esforço sobre os seus componentes mecânicos. Na Figura 3.2 nota-se a existência de dois tempos mortos. A duração dos tempos mortos dão definidas por parâmetros do CNC. Diminuí-las sem desgastar a máquina é um objetivo extra a atingir. Também se vê que as rampas de subida e descida da velocidade têm uma linearidade aceitável e detetam-se oscilações no momento da quinagem que se traduzem numa trepidação da máquina. As inclinações das retas de subida e descida estão dentro das especificações da máquina. Há, no entanto, oscilações quando a velocidade estabiliza no fim das rampas de descida e de subida, evidenciando um desaproveitamento que pode ser corrigido.

De forma a resolver os problemas acima referidos é necessário identificar as causas e efeitos das alterações dos parâmetros, que podem melhorar as situações apresentadas. É necessário assim realizar testes de otimização para conseguir entender os efeitos dessas mesmas otimizações. Existem quatro intervalos de tempo distintos que podem ser parametrizados. O primeiro está quantificado parâmetro Delay Valves. Este parâmetro apenas é visualizado aquando a utilização do comando e não é exportado como os valores apresentados no anexo B. O 2º intervalo é o tempo de descida armazenado no parâmetro *Speed Change Time*; 3º intervalo de tempo é o tempo de descompressão. Finalmente, o 4º é o tempo associado à subida rápida e está quantificado no

---

<sup>3</sup>Ex: Portátil

parâmetro Tempo Inicial/*Initial Wait*. Todos estes intervalos de tempo apresentados podem ser observados na Figura 3.3.

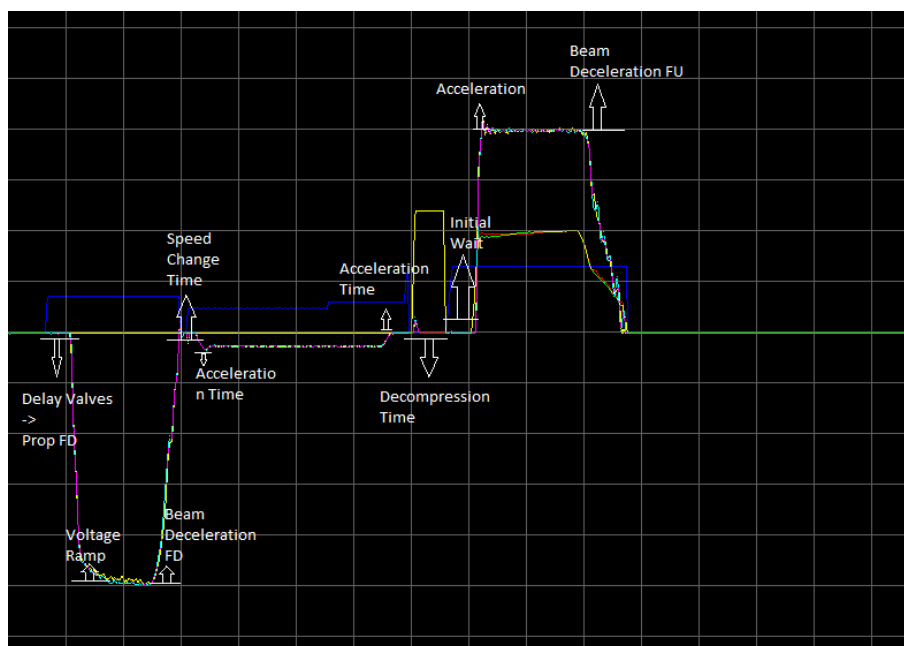


Figura 3.3: Gráfico com informação de rampas e tempos mortos

### 3.1.4 Compreensão das Diferentes Fases do Ciclo

O ciclo de uma quinagem é composto por 4 intervalos de tempo diferentes; descida rápida, descida lenta, descompressão e subida rápida.

As quatro figuras que a seguir se apresentam (Figuras 3.4-3.7) são utilizadas para a compreensão das diferentes fases do ciclo de uma quinagem, tendo sido recolhidas com o programa CNC Link, 3.3.1. Cada uma apresenta o ciclo completo de quinagem mas focando-se numa fase particular. É necessário referir que as fases de ciclo são influenciadas pelo comando da quinadora, pelo que os controladores utilizados e a forma como foram calibrados, podem alterar a resposta da máquina e, consequentemente, as imagens apresentadas nestas figuras. Nas seguintes figuras é apresentado várias divisões que correspondem às fases da quinadora:

- fase descida rápida, *Fast Descent e Time Change Speed*
- fase decida lenta, *Point Change Speed - Pinch Point e Bend Phase*
- fase descompressão, *Decompression*
- fase subida rápida, *Fast Ascent*

A primeira fase do ciclo de quinagem, é a de descida rápida, visível na Figura 3.4. Nesta fase o avental realiza uma descida rápida de aproximação ao ponto inferior máximo (BDC). Na imagem

estão identificadas algumas variáveis que representam os tempos durante o este ciclo, estando as variáveis de *software* que representam as rampas e os tempos de espera descritas na Tabela 3.1.

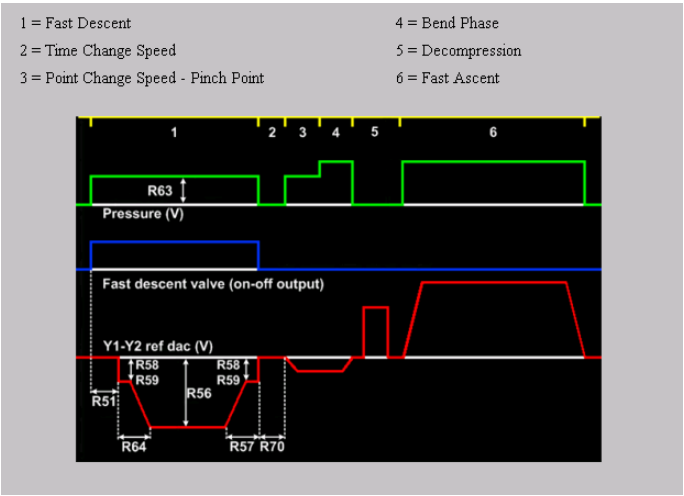


Figura 3.4: Imagem representativa das variáveis que influenciam na fase de Descida Rápida

Tabela 3.1: Tabela das Variáveis que influenciam a fase de Descida Rápida

Rampas		
Code	CNC Variable	Software Variable
R64	Voltage Ramp (s)	descidaRapida.aceleracao
R57	Beam Deceleration FD (s)	descidaRapida.desaceleracao
Tempos de Espera		
Code	CNC Variable	Software Variable
R51	Delay Valves-Prop. FD (s)	descidaRapida.delayValvulas
R70	Speed Change Time (s)	descidaRapida.speedChangeTime

A segunda fase do ciclo de quinagem, é a de descida lenta, visível na Figura 3.5. Aqui o avental realiza uma aproximação lenta ao BDC e efetua o processo de quinagem propriamente dito. Na imagem estão identificadas algumas variáveis que representam os tempos durante o ciclo de descida lenta, estando as variáveis de *software* que descrevem as rampas de subida e descida descritas na Tabela 3.2.

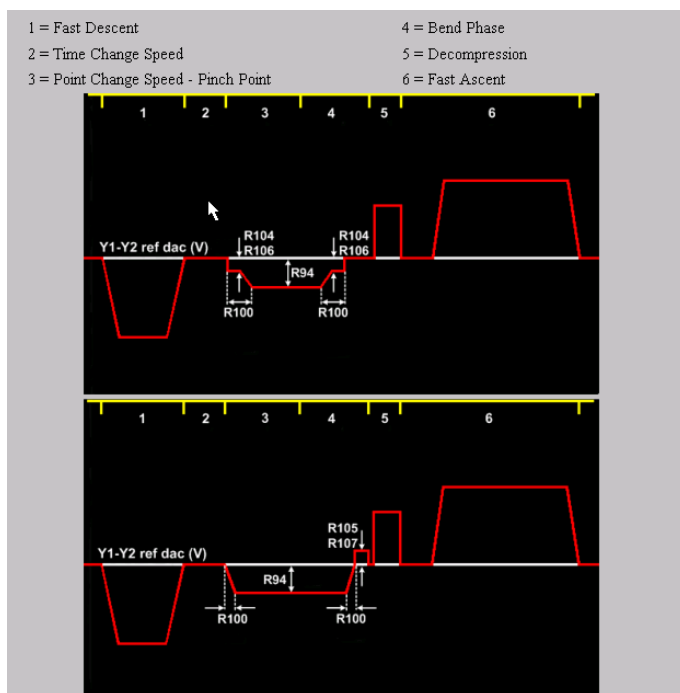


Figura 3.5: Imagem representativa das variáveis que influenciam na fase de Descida Lenta

Tabela 3.2: Tabela das Variáveis que influenciam a fase de Descida Lenta

Rampas			
Code	CNC Variable	Software Variable	
R100	Acceleration Time (s)	descidaLenta.aceleracao	descidaLenta.desaceleracao

A terceira fase é a descompressão, visível na Figura 3.6. Aqui o avental móvel vai estar em repouso enquanto se realiza a descompressão das válvulas. Na imagem estão identificadas algumas variáveis que representam os tempos que caracterizam a descompressão. As variáveis de *software* que armazenam o tempo de espera estão assinaladas na Tabela 3.3.

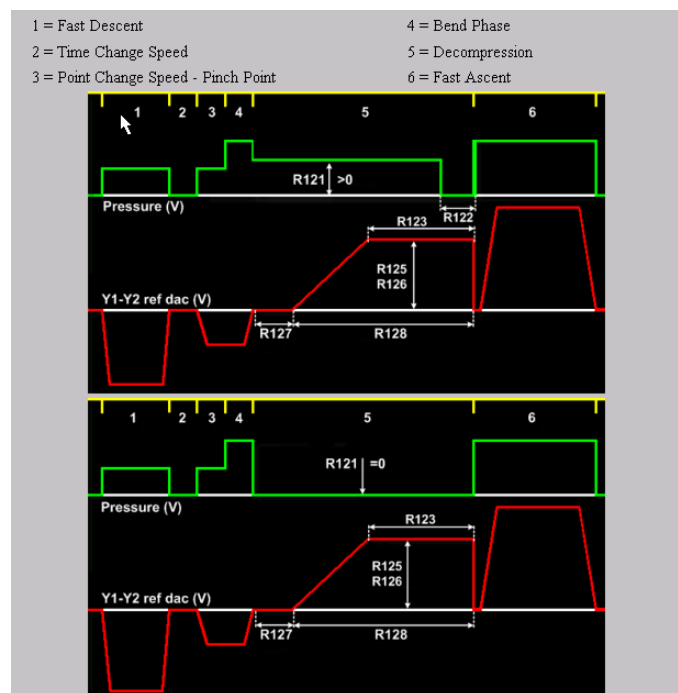


Figura 3.6: Imagem representativa das variáveis que influenciam na fase de Descompressão

Tabela 3.3: Tabela das Variáveis que influenciam a fase de Descompressão

Tempos de Espera		
Code	CNC Variable	Software Variable
R127	Pressure Step Down Time (s)	-
R128	Decompression Time (s)	-

A ultima fase do ciclo de quinagem, é a de subida rápida, representada na Figura 3.7. O avelal móvel faz uma subida rápida de aproximação ao ponto máximo superior (UDC). Na imagem estão identificadas algumas variáveis, que representam os tempos durante o ciclo de Subida Rápida. As variáveis de *software* que caraterizam os tempos de espera e as rampas estão descritas na Tabela 3.4.

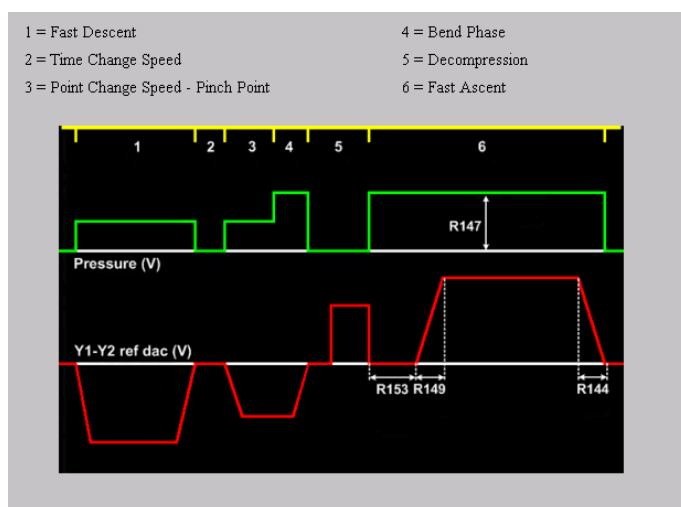


Figura 3.7: Imagem representativa das variáveis que influenciam na fase de Subida Rápida

Tabela 3.4: Tabela das Variáveis que influenciam a fase de Subida Rápida

Rampas		
Code	CNC Variable	Software Variable
R149	Acceleration (s)	subidaRapida.aceleracao
R144	Beam Deceleration FU (s)	subidaRapida.desaceleracao
Tempos Mortos		
Code	CNC Variable	Software Variable
R153	Initial Wait (s)	subidaRapida.tempoInicial

Existe ainda uma outra fase, que é utilizada durante os ensaios realizados e para indexar a quinadora não pertence ao ciclo de quinagem.

## 3.2 Implementação do Hardware utilizado no Comando Externo

A análise do estado inicial do *hardware* determinou a necessidade de efetuar alterações ao sistema, nomeadamente na aquisição de dados. De forma a conseguir uma correta aquisição de dados, foi necessário implementar um sistema de conexão alternativo do 'Comando Externo à quinadora, sem que existisse uma influencia do mesmo na quinadora.

### 3.2.1 Limitações na aquisição de dados

No primeiro teste de aquisição de dados foi possível observar que existia um problema na saída analógica das tensões referido na Secção 3.1.3, que impedia a recolha de dados de tensão na fase de descida. Esse problema resultava do facto do CNC, utilizado como sistema de monitorização, trabalhar com tensões numa gama de 0 a +10V, ignorando valores negativos. Os dados deste ensaio estão representados na Figura 3.8 onde, nas fases de descida, o sinal de tensão é nulo.

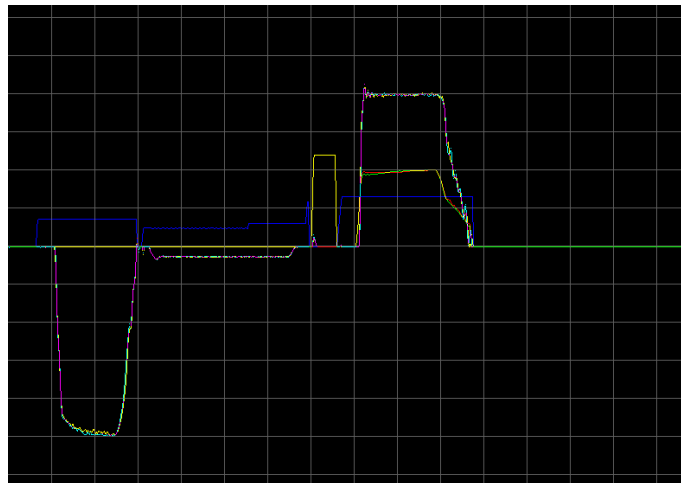


Figura 3.8: Primeira Aquisição Realizada

Para resolver este problema foram adicionadas duas *boards* de expansão: uma *board* controlador e uma *board* analógica, apresentadas nas Figuras 3.9(a) e 3.9(b) respectivamente. Estas *boards* permitiram adquirir corretamente os valores da tensão de cada um dos cilindros.



(a) Board Controlador



(b) Board Analógica

Figura 3.9: Boards de Expansão

A Figura 3.10, representa um ciclo de uma quinadora após a implementação das *boards* de expansão onde já são visíveis as tensões de descida.

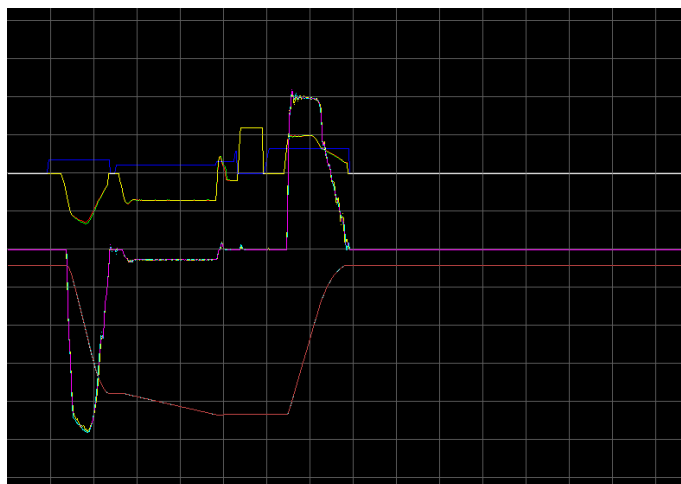


Figura 3.10: Primeira aquisição realizada após implementação das boards

### 3.2.2 Esquemático do comando externo e ligações de aquisição de dados

O comando externo é constituído por diversos componentes. Entre eles encontram-se dois com maior relevância: PC, que constitui a interface gráfica utilizador-máquina, e CNC, o comando numérico referido na Secção 1.2, similar aos implementados nas quinadoras. Este comando é auxiliado por um conversor de tensão, que transforma a tensão alternada da rede na tensão contínua de alimentação do comando numérico, a 24V.

Para recolher dados da quinadora foi necessário criar uma ligação ao comando externo. Essas ligações foram feitas com cabos em que uma das pontas seria em T. Com estes cabos criaram-se pontos de ligação entre as entradas do Comando Externo e os sinais proveniente das régua lineares, tal como pode ser observado no anexo C.1. Estas ligações foram feitas para monitorizar as velocidades de cada um dos cilindros que representam o eixo Y1 e Y2, estando apresentadas nas figuras 3.11(a) e 3.11(b). A alimentação externa de +5V do comando externo foi desligada pois não foi necessária.





(a) Ligação em T do eixo Y1



(b) Ligação em T do eixo Y2

Figura 3.11: Ligações em T para cada um dos eixos do Avental Móvel

Além das velocidades dos eixos Y1 e Y2 também foi necessário medir as tensões dos cilindros e as pressões de controlo da quionadora. Os sinais com estas variáveis são transmitidos ao comando externo através das ligações realizadas, anexo C.2. Os dois pares de cabos mais à direita são os das tensões dos eixos Y1 e Y2. O outro par é o sinal da pressão sendo estas ligações em T, tal como aconteceu com as régua lineares, representadas na figura 3.12, reforçadas com adaptadores.

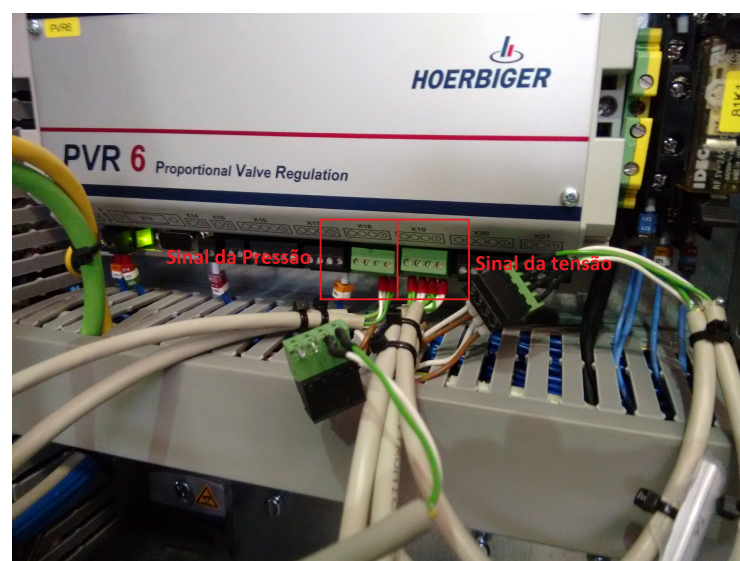
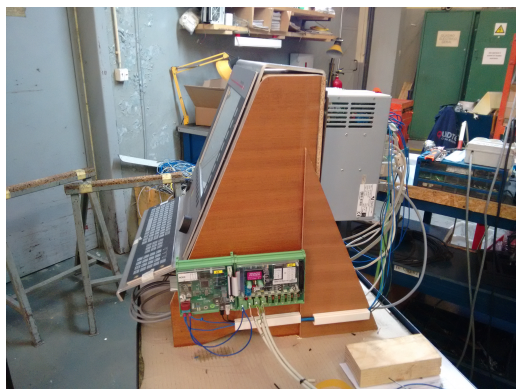


Figura 3.12: Ligações do Comando Externo ao PVR



Figura 3.13: Ligações da Boards adaptadas ao Comando Externo

Depois de realizadas todas as alterações e adições anteriormente referidas, figura 3.13, foram substituídas as ligações que, devido ao seu estado de degradação, pudessem prejudicar o correto funcionamento do comando externo.



(a) Vista Lateral



(b) Vista Traseira

Figura 3.14: Imagem representativa do comando numérico inicialmente

As alterações efetuadas podem ser observadas no Esquemático do Comando Externo apresentado na figura 3.15.

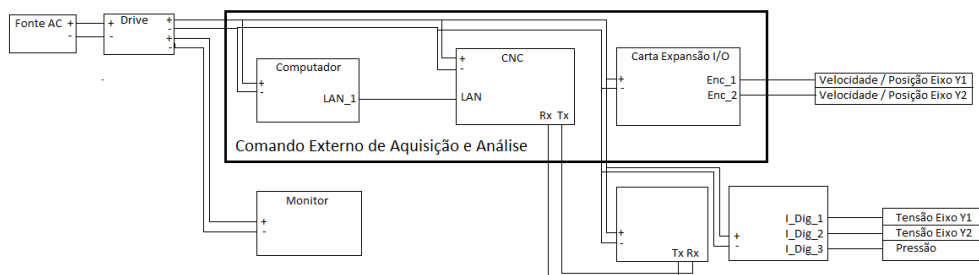


Figura 3.15: Esquemático do Comando Externo

### 3.2.3 Metodologia Utilizada na Realização dos Ensaaios

Um ensaio de uma quinadora é constituído por vários testes, que embora à primeira vista pareçam similares, são na realidade distintos. Num dos testes realizam-se ciclos de quinagem em vazio, isto é, o avental da máquina executa o movimentos de quinagem sem a presença de qualquer chapa. Nos testes com chapa metálica utilizam-se várias profundidades de quinagem ajustando os parâmetros do programa a realizar, o que resulta em Upper Death Center (UDC) diferentes.

Por forma a estabelecer uma comparação entre os diferentes ensaios, é necessário que os mesmos sejam executados em condições idênticas, pelo que é necessário utilizar os mesmos punções e as mesmas matrizes e assegurar que as suas características estejam descritas no CNC. É também indispensável que o curso percorrido pelo avental móvel seja limitado por forma a igualar cursos em máquinas distintas.

## 3.3 Implementação do Software utilizado no Comando Externo

O estado inicial do software, apresentado na secção 3.1, demonstrou que seria necessário realizar alterações aos programas.

O software que poderia ser utilizado na aquisição e análise dos dados não estava funcional, sendo, por isso, essencial realizar modificações ao mesmo para poder ser utilizado no Comando Externo.

### 3.3.1 Programas para Utilização Externa ao Comando Externo

Na realização dos ensaios foram utilizados diversos programas. Uns já se encontravam implementados no Comando Externo e outros tiveram que ser desenvolvidos. Os programas referidos a seguir foram utilizados para objetivos específicos.

#### 3.3.1.1 TekScope

O programa TekScope, figura 3.16, foi utilizado para a análise dos parâmetros, permitindo detetar os pontos que necessitam de ser melhorados. Serviu de interface para aquisição de dados. O TekScope é um programa com capacidade de simular um osciloscópio. Permite observar a evolução temporal de diversas variáveis da quinadora enquanto esta realiza o seu ciclo do processo de quinagem. Os parâmetros observados neste programa são: tensão em ambos os eixos lineares verticais, Y1 e Y2, a velocidade, nos mesmos eixos, e a pressão do sistema. Estas variáveis são diretamente definidas no programa, sendo necessário identificar os seus endereços para poder visualizar os seus parâmetros.

O TekScope foi também utilizado para recolher dados para a identificação dos modelos dinâmicos. A razão desta utilização prende-se com a taxa de amostragem na aquisição de dados que é significativamente mais rápida do que a do programa que foi posteriormente desenvolvido também para a aquisição de dados e que se encontra descrito na secção 3.3.2.



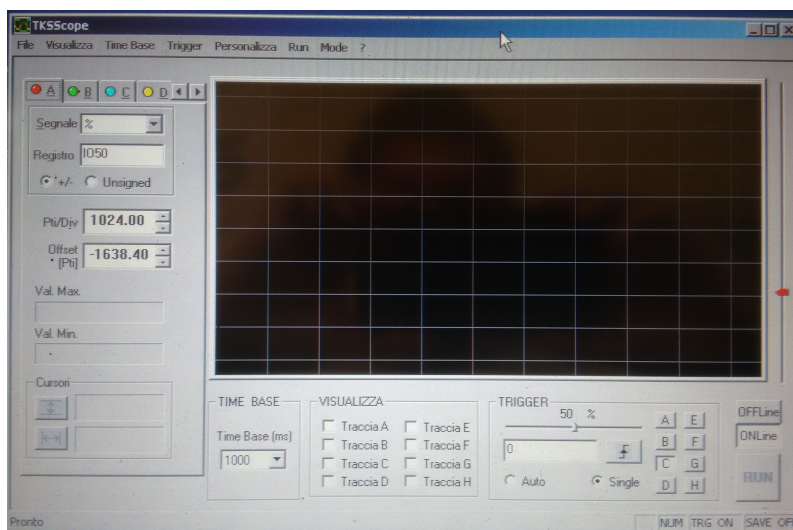


Figura 3.16: Janela do Programa TekScope

### 3.3.1.2 CNC Link

O programa CNC Link, figura 3.17, permite compreender o funcionamento dos controladores. Consegue-se, com o CNC Link controlar uma quinadora, ou apenas simular o seu funcionamento. Com este programa pode-se adquirir experiência na utilização dos comandos Adcontrol. Também permite a medição de parâmetros do ciclo de quinagem, com os dados obtidos no TekScope.

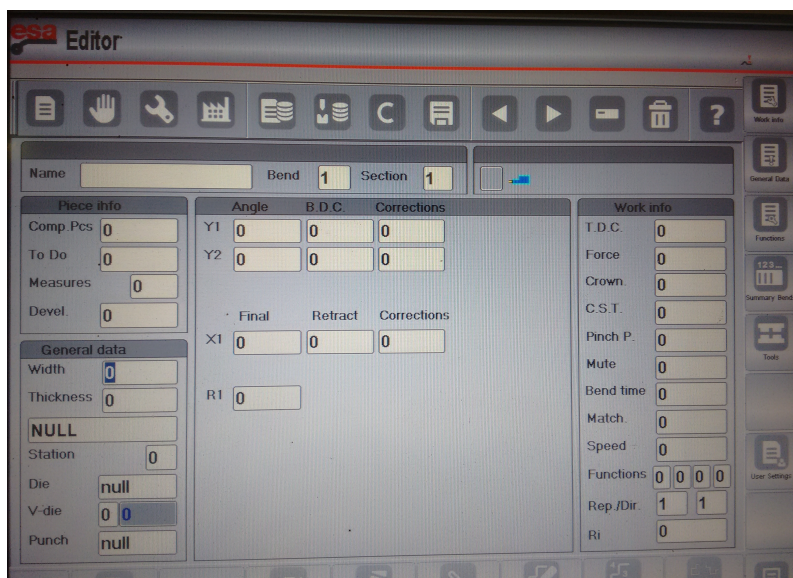


Figura 3.17: Janela do Programa CNC Link

### 3.3.2 Implementação do Programa PbCycle

O programa PbCycle, figura 3.18, serve, especificamente, para aquisição de parâmetros das quinadoras. Este recolhe a partir da memória partilhada (*Shared Memory*), os valores das variáveis

sob observação, e escreve-os num ficheiro `.csv`. Estes valores são inicialmente guardados em ficheiros temporários a uma taxa de um ficheiro por segundo, o conjunto destes valores é definido por amostra. Como o programa tem uma taxa de atualização de 30 ms, cada ficheiro temporário é composto por 33 amostras. O período de amostragem é limitado pela velocidade do processador. Existe ainda um ficheiro que agrupa as aquisições feitas diariamente, ou seja, que agrupa conjuntos de todos ficheiros temporários gerados num determinado dia. Caso sejam realizadas diversas aquisições no mesmo dia, é necessário separar os ficheiros. O objetivo é evitar a substituição de aquisições antigas.

Ao gravar dados em ficheiros `.csv`, é possível exporta-los e, consequentemente, analisa-los com aplicações externas. Neste momento o programa está configurado para adquirir parâmetros das seguintes variáveis diferentes: Velocidade, Posição e Tensão de ambos os eixos, e pressão do sistema.

Atualmente está implementado no comando externo para a aquisição de um ciclo de quinagem. Por isso, é executado momentos antes deste se inicializar, sendo terminado logo após o seu fim. Os dados das variáveis pré-programas são adquiridos continuamente durante a execução do programa.

Para se configurar o Comando Externo com os parâmetros da quinadora é necessário abrir o programa da ESA e aceder à seguinte página do programa.

Menu->Menu->Axis Parameters<sup>4</sup>

Para correr este programa é necessário abrir a seguinte localização:

`C:\AdiraIT\adirapbcycle\pbcycle.exe`

Para avaliar os parâmetros basta abrir o ficheiro criado num programa com capacidade de análise aos dados adquiridos, incluindo a criação de gráficos, como por exemplo o Excel ou o Matlab.

Inicialmente o programa estava configurado com um período de amostragem de 1 s. Para possibilitar a sua utilização, foi necessária a alteração do período de amostragem para 30 ms. Isto implicou a alteração da variável *Timestamp*, variável para identificação de cada amostra recolhida, do programa, para possibilitar a visualização em ms.

A última alteração foi nas variáveis de aquisição. Estas estavam programadas apenas para aquisição de valores do tipo inteiro (`int`), o que limitava a análise dos dados, pois inseria erros de medição. Com a alteração para o tipo `float`, conseguir-se a adquirir também a parte decimal desses mesmos dados. Isto possibilita o aumento da precisão e resolução das variáveis de aquisição o que permite registar pequenas variações.

---

<sup>4</sup>Nesta página alteram-se os seguintes parâmetros: Y1 Reference Position e Y2 Reference Position. Isto permite que os dois CNC (Quinadora e Comando Externo) estejam sincronizados. Esta parametrização não é obrigatória.

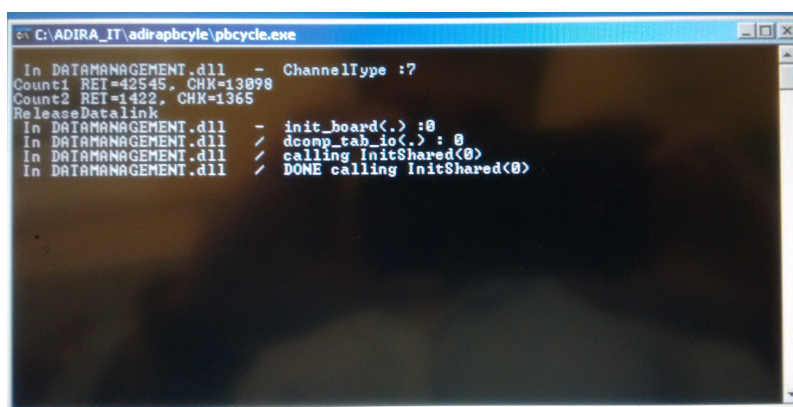


Figura 3.18: Janela que representa o PbCycle em funcionamento

Estas alterações permitiram reduzir o tempo e a precisão de análise dos dados. Com a associação de uma etiqueta de tempo ( *Timestamp*,) passou a ser possível a criação de gráficos que mostram a evolução das variáveis com o tempo. Com estas adições, o programa ficou pronto a adquirir as variáveis necessárias para análise do funcionamento da quinadora.

### 3.3.3 Implementação do Programa de Análise

Como o programa anterior não analisa dados, foi necessário desenvolver um outro que incorporasse esta funcionalidade. AdiraPb Cycle foi a solução proposta. Este programa recolhe os dados dos ficheiros temporários, mede os tempos do ciclo de quinagem e avalia-os de acordo com regras que pré-definidas. Regras desenvolvidas para possibilitar a análise do ciclo de quinagem.

Devem então efectuar-se os seguintes passos:

- Adquirir os dados através do PbCycle;
- Analisar os dados através do AdiraPbCycle;

O novo programa, constituído por pequenos ciclos, calcula os tempos referentes às rampas e tempos mortos, indicados na secção 3.1.4. Substitui os programas indicados previamente, permitindo identificar automaticamente maus e bons tempos de ciclo.

Para modificar as regras de análise é necessário alterar o ficheiro seguinte:

Workspace\adiramonitor\src\pt\adira\apps\cycle\util\CycleUtil.java<sup>5</sup>

As regras de análise dos dados dependem das situações específicas. Através das variações dos valores de pressão, tensão ou velocidade, é possível determinar se o avental está parado ou

<sup>5</sup>Para a alteração do programa é aconselhada a utilização do programa Eclipse em conjunto com Java. E no entanto possível a utilização de programas de programação, similares ao Notepad++

em movimento e, conseqüentemente, apontar quais os momentos específicos para início e fim de temporizadores. Isto permite contabilizar o tempo que o avental requer para executar uma certa ação.

Uma alternativa a este método seria a identificação das tangentes às rampas de velocidade. Esta alternativa não é eficaz devido à não linearidade das rampas como pode ser observado nos gráficos que mostram os dados adquiridos.

O objetivo com este programa é possibilitar uma análise rápida e automática do funcionamento da máquina, sem o auxílio de programas externos ao Comando Externo. O resultado é um ficheiro de texto<sup>6</sup>.txt, que contém a análise dos dados adquiridos.

Tabela 3.5: Tabela de Exemplificação do Output Previsto

Descida Rápida				
Delay Valvulas:				
	400ms	//	0.4s	// <=460
Status: OK				
Aceleração:				
	200ms	//	0.2s	// <=200
Status: OK				
Desaceleração:				
	450ms	//	0.45s	// <=560
Status: OK				
SpeedChangeTime:				
	50ms	//	0.05s	// <=160
Status: OK				
Tempo de Fase :			1900ms	// 1.9s

<sup>6</sup>Contem a análise dados adquiridos

### 3.3.4 Implementação do Programa de Apresentação Gráfica

Até ao momento, o Comando Externo realiza apenas aquisição e análise de dados, pelo que é necessário uma interface gráfica que melhore a análise visual dos mesmos. A capacidade de apresentação gráfica dos dados está representada na figura 3.19.

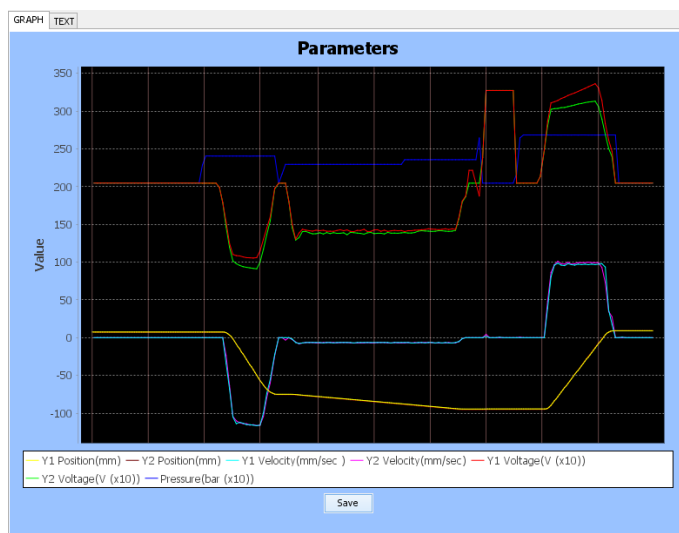


Figura 3.19: Apresentação gráfica dos dados adquiridos

Os sinais apresentados nesta Figura 3.19, diferenciam-se pelas cores que são explicadas na tabela 3.6:

Tabela 3.6: Tabela de Coloração Gráfica das Variáveis

Variável	Cor	Código
Y1 Posição	Amarelo	255, 255, 0
Y2 Posição	Castanho	112, 0, 0
Y1 Velocidade	Azul Claro	0, 255, 255
Y2 Velocidade	Rosa	255, 0, 255
Y1 Tensão	Vermelho	255, 0, 0
Y2 Tensão	Verde	0, 255, 0
Pressão	Azul	0, 0, 255

Os gráficos são construídos com dados dos ficheiros temporários gerados pelo programa PbCycle anteriormente descrito. Os sinais são apresentados em duas escalas diferentes. Uma para velocidades e posições, com valores reais, e outra, para a tensão e a pressão com os valores numa escala digital. No eixo dos tempos cada divisão corresponde a 1 s.

Apesar do programa possibilitar a criação de gráficos com vários ciclos de quinagem é aconselhável, por questões de facilidade de visualização e identificação de problemas, a aquisição de apenas um ciclo.



### 3.3.5 Interface com o utilizador

Com o intuito de coordenar os diferentes programas acima apresentados, todos implementados no Comando Externo, foi necessário implementar uma Interface(UI) que está representado na imagem seguinte.



Figura 3.20: User Interface

Para se analisar um conjunto de dados deve utilizar-se a seguinte sequência de ações:

- Pressionar *Start*<sup>7</sup>;
- Pressionar *Stop*<sup>8</sup>;
- Selecionar Comando da Máquina;
- Selecionar Modelo da Máquina;
- Inserir Numero de Série da Máquina;
- Pressionar *Analyse*<sup>9</sup>;

Na figura 3.20(b) é possível notar a possibilidade de escolha do comando da máquina<sup>10</sup> e do modelo da máquina<sup>11</sup>. Para introduzir novas máquinas na lista Modelo, é necessário alterar o ficheiro `model_params.txt`. A adição de uma nova máquina necessita de uma nova linha numa estrutura predefinida<sup>12</sup>.

<sup>7</sup>Utilizar este comando para iniciar a aquisição de um ciclo ou conjunto de ciclos de quinagem

<sup>8</sup>Utilizar este comando para terminar a aquisição de um ciclo ou conjunto de ciclos de quinagem

<sup>9</sup>Utilizar este botão para realizar a análise do ciclo ou conjunto de ciclos de quinagem

<sup>10</sup>Lista com os diversos comandos da quinadora

<sup>11</sup>Lista com os diversos modelos da quinadora

<sup>12</sup>Na primeira linha do ficheiro estão inseridas as variáveis na ordem especifica

Para alterar o ficheiro com a lista dos modelos das quinadoras e dados de análise, basta seguir o seguinte caminho:

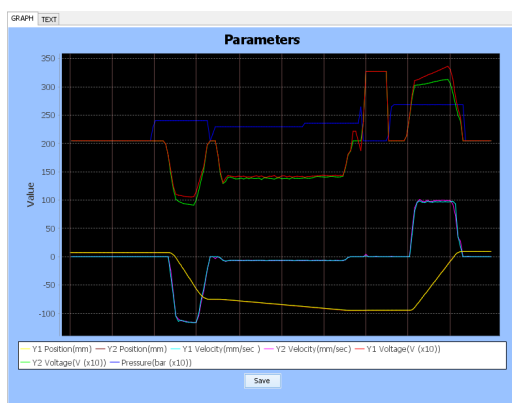
C:\AdiraIT\adirapbcycle\lib\model\_params.txt

O nome do ficheiro é inserido à frente do texto Numero de Série<sup>13</sup> por baixo da lista Modelo. Se não for introduzido um nome o programa irá considerar como uma entrada válida sem conteúdo, dando início à análise dos dados. Esta caixa de texto aceita os mesmos caracteres que o sistema operativo Windows<sup>14</sup>.

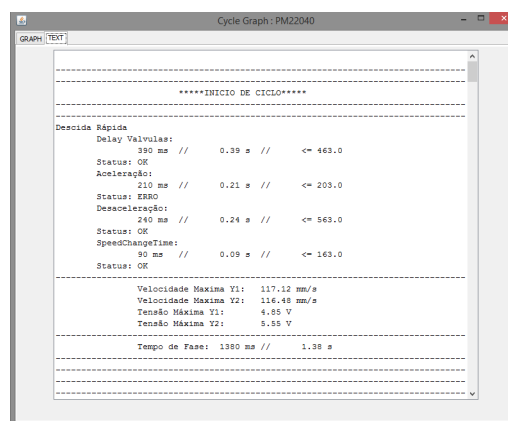
Para correr o programa<sup>15</sup>, é necessário escolher o seguinte caminho:

C:\AdiraIT\adirapbcycle\exe\adiraPBCycle.exe

No fim de cada análise de dados, os resultados são gravados num ficheiro .txt e os dados temporários eliminados. A eliminação dos dados temporários facilita a reutilização do programa.



(a) Análise dos dados parte gráfica



(b) Análise dos dados parte analítica

Figura 3.21: User Interface - Análise

Como é possível observar pela imagem apresentada, o utilizador pode optar pela visualização do gráfico dos dados adquiridos ilustrado na figura 3.21(a), ou por um documento num ficheiro de texto ilustrado na figura 3.21(b). Ambos podem ser gravados. O gráfico gerado (figura 3.21(a)) pode ser exportado para um formato .png, numa localização definida pelo utilizador. O ficheiro de texto tem o nome definido no campo Results\_ 'Numero de Série' .txt, no programa PbCycle, referido na secção 3.3.2.

<sup>13</sup>É aconselhada a inserção do número de série da máquina para facilitar a organização de dados

<sup>14</sup>Caracteres excluídos: \ / : \* ? « >

<sup>15</sup>Existe um atalho no ambiente de trabalho para utilização deste programa

Para abrir o ficheiro de texto com a análise realizada, Figura 3.21(b), deve utilizar-se o comando:

```
C:\AdiraIT\adirapbcycle\result\Result_'Numero de Série'.txt
```

O programa foi desenhado por forma a facilitar o seu uso. Para operar o Comando Externo, o utilizador apenas tem de saber os seguintes pontos: como operar o UI, como guardar o gráfico e onde está o ficheiro `Results_'Numero de Série'.txt`.

Para realizar alterações aos ficheiros basta saber as respetivas localizações.

### 3.4 Comparação e Análise entre os diversos ensaios realizados

Ao longo do desenvolvimento do trabalho foram realizados diversos ensaios, uns por motivos de pura aquisição, outros para comprovar o funcionamento do hardware ou ainda o funcionamento do software.

Além de terem objetivos diferentes, os ensaios foram realizados por forma a que pudesse ser estabelecida uma comparação entre si. Sendo assim, as condições de realização tiveram que ser idênticas. Devido à existência de limitações em algumas quinadoras, foi estabelecida uma limitação para o curso do avental móvel. Esta limitação foi inserida diretamente no CNC, através da variável (UDC = 100).

Os ensaios foram realizados em quinadoras PM13530. Estas máquinas são consideradas quinadoras standard com 3 metros de comprimento e 135 toneladas de peso. Foram realizados um total de dezanove ensaios, tendo estes objetivos diferenciados como testes de hardware, testes de software e aquisição para identificação de sistemas. Os ensaios iniciais são apenas compostos por um ciclo, no entanto as aquisições seguintes albergaram um maior número de ciclos. A vantagem que advém do maior número de ciclos por aquisição é a redução do número de ensaios e possibilidade de maior número de dados. Por forma a estabelecer uma comparação entre os diversos resultados, as aquisições em análise estão limitadas a um curso de 100mm, pelo que foi utilizado o Tempo de Ciclo (TC) para essa avaliação. Numa fase final foi adicionada a velocidade média do ciclo pois surgiram sempre pequenas alterações mesmo com limitação do curso.

A tabela seguinte, tabela 3.7, apresenta os tempos de ciclo calculados em vários testes realizados numa única máquina. Este ensaio pretendia comparar se existia diferença ou não entre a utilização de chapa ou ensaio em vazio. Informações mais detalhadas deste testes estão apresentados no anexo A.5.

Na tabela 3.8, são apresentados tempos de ciclo de máquinas diferentes. Esta tabela pretende estabelecer uma comparação entre tempos de ciclos de máquinas diferentes. Informações relevantes aos ensaios podem ser encontrados nos seguintes anexos: A.2, A.3, A.18, A.19.

Tabela 3.7: Tabela dos Tempos de Ciclo do Ensaio 5

Ensaio com diversos testes						
Teste	5,1	5,2	5,3	5,4	5,5	5,6
TC (s)	6,328	11,504	9,863	12,559	9,844	9,785
Ta (ms)	19,53125					

Tabela 3.8: Tabela dos Tempos de Ciclo dos Ensaios Ensaio com Máquinas Diferentes

Tabela Máquinas Diferentes				
Teste	2	3	18	19
TC (s)	7,871	6,719	7,6	7,33
Ta (ms)	19,53125	19,53125	50	30

Estas duas últimas tabelas, 3.7 e 3.8, são apenas uma amostra dos ensaios realizados. A totalidade da informação dos ensaios realizados está no anexo A.

Apesar dos ensaios serem pré programados existiram sempre alterações, que influenciaram os resultados obtidos na análise dos dados.

Alguns dos ensaios apresentados no anexo A, podem ser excluídos, devido às condições em que foram realizados. Estes são: o ensaio 8 (A.8), o ensaio 12 (A.12), o ensaio 13 (A.13), o ensaio 14 (A.14), o ensaio 15 (A.15) e o ensaio 16 (A.16). Estes ensaios foram passos necessários para a correta realização dos restantes. A utilização destes ensaios serve para demonstrar a evolução do software.

Os primeiros ensaios (do primeiro ao terceiro) foram afetados pelos seguintes problemas: tensões negativas e a falta do sinal de posição. Só no quarto ensaio A.4 é que o hardware funcionou corretamente, ficando concluída a fase de implementação do hardware, sendo necessário iniciar o desenvolvimento do software.

No 5º ensaio foram realizados diferentes testes, preferencialmente sem chapa, tendo também sido realizados alguns com diferentes chapas. Após este ensaio surgiu a necessidade de começar lentamente a adaptar o novo programa PbCycle. Os resultados dos ensaios 6 (A.6), 7 (A.7) e 9 (A.9) não podem ser trabalhados. Estes mostram a evolução do período de amostragem do programa a implementar. Após concluída a modificação do tempo de amostragem, foi necessário alterar as variáveis a adquirir. Alterou-se o formato dos dados adquiridos. Os ensaios ensaio 11 (A.11), ensaio 12 (A.12), ensaio 13 (A.13), ensaio 14 (A.14), ensaio 15 (A.15), ensaio 16 (A.16) mostram este processo evolutivo. Apesar de não serem utilizáveis, os dados adquiridos neste ensaio representam um feedback quanto às alterações que estavam a ser introduzidas, explicadas na secção 3.3.2.

Numa terceira fase, surge o ensaio 17 (A.17). Este ensaio é caracterizado por uma quantidade

enorme de dados. Contém todos os movimentos da quinadora, possibilitando a sua utilização na identificação de um modelo representativo de cada uma das fases do ciclo de quinagem.

Numa quarta fase, ensaios 18 (A.18) e 19 (A.19), testaram-se máquinas idênticas, ou seja, do mesmo modelo com comandos idênticos. Isto permitiu comparar duas máquinas distintas do mesmo modelo, verificando se as suas respostas e tempos de ciclo são idênticos, tabela 3.8.

Nesta fase o software de aquisição já estava testado e a funcionar conveniente, podendo os dados recolhidos neste ensaios ser exportados para outros programas de análise ou visualização sem qualquer tipo de problema.

Seguidamente, foram testados programas de análise e apresentação gráfica dos dados a informação recolhida nos ensaios 17 (A.17) e 19 (A.19). Nestes ensaios, os dados foram recolhidos de forma correta apesar de os períodos de amostragem serem diferentes.

Com os ensaios realizados, foi possível distinguir os que são passíveis de comparação. Alguns ensaios realizados em condições semelhantes apresentaram dados diferentes.

#### **3.4.1 Comparação entre máquinas idênticas com controladores diferentes**

O Anexo A.2 apresenta os dados do ensaio de uma máquina controlada por um CNC Adcontrol. Tendo em consideração a limitação efetuada, ao nível da programação do funcionamento da máquina, é observável que a máquina atinge a velocidade máxima. Contudo, isto acontece apenas numa situação limite, na fase de descida rápida, onde é possível notar que a velocidade máxima é atingida num instante anterior à redução da mesma. No entanto, a máquina com o CNC Cybelec (ver Anexo A.3) apresenta uma rampa mais íngreme, atingindo mais rapidamente a velocidade máxima de descida.

Na fase de descida lenta ou de trabalho, o comando Adcontrol utiliza mais 1/3 do tempo que o Cybelec, para além de pôr a máquina a trabalhar a uma velocidade menor. Na fase de subida rápida, o funcionamento é idêntico.

As diferenças acabadas de referir estão documentadas na Tabela 3.8. Com base nestes ensaios é possível concluir que o comando Cybelec consegue ciclos de quinagem 15% mais rápidos que os do Adcontrol.

#### **3.4.2 Comparação entre máquinas diferentes com controladores idênticos**

Com a obtenção de dados relativos a duas máquinas diferentes, com o mesmo modelo e controlador, é possível avaliar o desempenho de ambas, ou seja é possível ter uma forma de analisar o desempenho de cada uma por já haver um meio de comparação mais viável.

Ensaíram-se duas quinadoras do modelo PM13530 ambas com um controlador Cybelec. Os dados dos ensaios são apresentados nos anexos A.3 e A.18.1 e A.18.2. O 3º Ciclo do ensaio 18 (A.18.3) não foi considerado, uma vez que o parâmetro UDC não foi limitado a 100mm. É assim possível uma comparação entre os dois casos em estudo.

As máquinas já se encontravam corretamente calibradas, pelo que não seria expectável existirem diferenças significativas nos valores obtidos. No entanto, as máquinas apresentaram diferenças nas entradas de pressão e tensão que se traduziram em tempos de ciclo diferentes como se pode comprovar na Tabela 3.9, onde é possível observar que os tempos de ciclo do ensaio 18 são diferentes do Ensaio 3.  $T_a$  da aquisição.

Tabela 3.9: Tabela dos Tempos de Ciclo dos Ensaios com comando Cybelec

Teste	3	18.1.1	18.1.2	18.2
TC (s)	6,719	7,650	7,550	7,600

Numa situação semelhante, mas com o controlador Adcontrol, os tempos de ciclo foram mais uniformes como se pode ver na Tabela 3.10. Os ensaios 2 (A.2), 4 (A.4), 10 (A.10) e 11 (A.11) são referentes á mesma máquina pelo que será considerado que o tempo médio de ciclo da máquina é 7,93s. O Ensaio 19 (A.19) realizado com a outra máquina, apresenta um tempo médio de ciclo de 7,33s ligeiramente melhor.

Tabela 3.10: Tabela dos Tempos de Ciclo dos Ensaios com comando Adcontrol

Teste	2	4	10,2	11,1	11,1	19,1	19,2	19,3	19,4	19,5
TC (s)	7,87	6,84	7,91	7,95	7,99	7,95	7,35	7,32	7,32	7,35

### 3.4.3 Comparação na mesma máquina e testes diferentes

O ensaio 5 (A.5) foi constituído por vários testes: teste em vazio no ciclo 1 (A.5.1), teste com chapa de 1500mm nos ciclo 2 (A.5.2) e 4 (A.5.4) e teste com chapa de 600mm nos ciclos 5 (A.5.5) e 6 (A.5.6). Estes ensaios permitiram ver o efeito da presença de chapa no processo de quinagem. O ciclo 3 (A.5.3) foi para efetuar uma correção da quinagem, devido à alteração do curso da máquina.

Tabela 3.11: Tabela dos Tempos de Ciclo do Ensaio 5

Ensaio com diversos testes						
Teste	5,1	5,2	5,3	5,4	5,5	5,6
TC (s)	6,328	11,504	9,863	12,559	9,844	9,785
Ta (ms)	19,53125					

Uma comparação entre estes ciclos revela que, como seria expectável, a de uma chapa provoca um incremento nos valores do tempo de ciclo e que este aumenta quando a espessura da chapa aumenta. O sinal de pressão também tem que ser maior, pois, quanto mais espessa for a chapa maior será a pressão de quinagem.

Com chapas de igual espessura, mais propriamente no ensaios com uma chapa de 600mm de espessura, os tempo de ciclo são idênticos. No entanto, os tempos de ciclo nos ensaios com chapa de 1500mm apresentam uma diferença significativa. A razão desta diferença foi uma paragem durante o ciclo 4. Para realizar a comparação entre os ciclos foi removido o tempo de paragem. No entanto o UDC foi aumentado o que, consequentemente, fez aumentar o tempo de ciclo.

A comparação entre os tempos de ciclo dos ensaios 2 e 4 (espessura de 1500 mm) com os dos ciclos 5 e 6 (espessura de 600 mm) revela que os ciclos de quinagem para chapas com maior espessura são mais longos.

#### **3.4.4 Comparação entre valores relativos às rampas e tempos de espera e relativa relação com os valores de parametrizações anteriores**

A comparação entre os parâmetros de um ciclo numa máquina com os valores esperados para esses parâmetros permite avaliar se o seu desempenho é aceitável. Os valores esperados são obtidos a partir de máquinas idênticas que já foram entregues, e são apresentados no anexo B.1.1. Os parâmetros a avaliar são as rampas de aceleração e desaceleração e os tempos de espera observados em todas as fases de quinagem. Estes parâmetros foram explicados na secção 3.1.4.

Dos parâmetros apresentados, tabela 3.12, só os tempos de espera podem ser comparados. Os dados adquiridos foram analisados numa folha de cálculo. Pode afirmar-se que existem parâmetros informativos, pois dependem dos restantes valores de cada fase. Contudo apenas têm como função informar e facilitar a percepção dos tempos. Também existem parâmetros passivos que dependem da parametrização pelo que devem corresponder aos valores da mesma, e parâmetros ativos, cuja variância vai depender constantemente de toda a parametrização.

Há parâmetros que não podem ser comparados dado que a sua recolha não é realizada aquando da recolha da restante para-metragem do comando numérico. Isto deve-se ao facto do comando não estar configurado para recolher esses parâmetros. Contudo, ao realizar uma observação geral dos tempos recolhidos, pode afirmar-se que existem certos parâmetros fora da gama estabelecida, pelo que, através da alteração da parametrização dos mesmo, poder-se-ão reduzir o tempos de Aceleração da Fase de Descida Rápida e Inicial da Subida Rápida. Por outro lado, existe o Pressure Step Down, cujo valor além de ser baixo, não se insere na parametrização. A razão para o sucedido poderá ser a impossibilidade de alteração do parâmetro, isto é, o parâmetro não é medido pelo que o seu valor não é alterado.

Tabela 3.12: Tabela dos tempos das rampas e tempos de espera relativos a uma PM13530

Teste11			
Ciclo 1	Tempo (ms)	Ciclo 2	Tempo (ms)
<b>Descida Rápida</b>		<b>Descida Rápida</b>	
<b>Aceleração</b>	240,00	<b>Aceleração</b>	280,00
<b>Desaceleração</b>	440,00	<b>Desaceleração</b>	440,00
<b>Delay Válvulas</b>	440,00	<b>Delay Válvulas</b>	480,00
<b>SpeedChangeTime</b>	120,00	<b>SpeedChangeTime</b>	120,00
<b>Tempo Descida Rápida</b>	1400,00	<b>Tempo Descida Rápida</b>	1360,00
<b>Descida Lenta</b>		<b>Descida Lenta</b>	
<b>Aceleração Lenta</b>	160,00	<b>Aceleração Lenta</b>	120,00
<b>Desaceleração Lenta</b>	200,00	<b>Desaceleração Lenta</b>	160,00
<b>Descida Lenta</b>	3840,00	<b>Descida Lenta</b>	3840,00
<b>Bend Phase</b>	1440,00	<b>Bend Phase</b>	1440,00
<b>Descompressão</b>		<b>Descompressão</b>	
<b>Pressure Step Down</b>	40,00	<b>Pressure Step Down</b>	40,00
<b>Tempo Descompressão</b>	600,00	<b>Tempo Descompressão</b>	560,00
<b>Descompressão</b>	640,00	<b>Descompressão</b>	600,00
<b>Subida Rápida</b>		<b>Subida Rápida</b>	
<b>Tempo Inicial</b>	480,00	<b>Tempo Inicial</b>	480,00
<b>Aceleração</b>	160,00	<b>Aceleração</b>	120,00
<b>Desaceleração</b>	840,00	<b>Desaceleração</b>	600,00
<b>Subida Rapida</b>	1960,00	<b>Subida Rapida</b>	1960,00
<b>Ciclo</b>	7960,00	<b>Ciclo</b>	7880,00

Na tabela 3.12, pode ainda observar-se dados do 2º ciclo do ensaio. Apesar do ensaio ser diferente, os valores dos tempos de rampas e de espera, são similares sendo também a resposta. O último ciclo também é similar ao primeiro.

É possível estabelecer uma comparação entre os dados obtidos e os da análise contida na Secção B. Para isso basta identificar as variáveis referenciadas na Secção 3.1.4.

### 3.4.5 Análise aos Diversos Ensaio Realizados e Resultados Obtidos

Após a aquisição dum número significativo de dados foi possível comparar situações distintas. Os valores adquiridos e a sua influencia no processo de pós-calibração da quinadora foram avaliados. A análise realizada refere-se ao parâmetro do tempo de Ciclo.

No entanto, tendo em consideração que é conhecido o deslocamento<sup>16</sup> do avental móvel, é possível recorrer à a velocidade média do ciclo de quinagem para comparar o desempenho das máquinas. Consoante a velocidade média do ciclo seja maior ou menor, ter-se-á uma melhor ou pior desempenho. A possibilidade deste parâmetro ser uma alternativa ao parâmetro de tempo de

<sup>16</sup>Comprovado pelas variáveis Y1 Posição ou Y2 Posição



ciclo, considerado na análise anterior, deve-se à limitação exata do UDC. Além deste parâmetro estar limitado ainda existe diferença para o mesmo.

Através da velocidade média do ciclo é possível identificar quais os ciclos que em média tiveram maior velocidade. A necessidade de recorrer a este parâmetro deve-se ao facto da distancia de curso<sup>17</sup> nos ensaios, além de estar limitada, não ser exata. Podem então surgir diferenças que alteraram assim os resultados da avaliação. A tabela 3.13 ilustra os parâmetros referidos, sendo que através desta tabela é possível notar diferenças e semelhanças nos ensaios realizados.

Tabela 3.13: Tabela com Tempos de Ciclo, Análise de Tempos e velocidade de Ciclo

Cybelec		Adcontrol					
Teste	3	18,1,1	2	4	10,2	11,1	19,5
TC (s)	6,719	7,650	7,871	6,836	7,840	7,960	7,350
Distancia Curso (mm)	100	117	100	98,3	105	105	104
Velocidade Média (mm/s)	29,77	30,59	25,41	28,76	26,79	26,38	28,29

É possível observar nos dados apresentados que as velocidades são muito semelhantes. No entanto, uma pequenas diferenças pode corresponder a uma diferença enorme no fim de um dia de trabalho. Assim, apesar de pequenas, as diferenças entre os dois comandos são significativas. Os ensaios com comando Cybelec obtiveram resultados muito idênticos e ligeiramente distintos dos do comando Adcontrol. Tanto o comando Adcontrol como o Cybelec apresentam duas gamas de valores porque os ensaios foram executados em máquinas distintas. O problema aparece no ensaio 4, que apresenta uma velocidade média superior aos restantes efetuados na mesma máquina. Os resultados mostram que o comando Cybelec tem um desempenho superior ao do Adcontrol.

Os ensaios predefinidos para a realização da comparação do tempo de ciclo foram os Ensaios em Vazio. Os parâmetros dum ciclo de quinagem são comparados com os de um ensaio em vazio. Tal como referido anteriormente, foram necessários vários ensaios para testar as alterações ao programa de Análise. Os dados recolhidos nesse ensaio permitiram determinar as alterações necessárias para melhorar o programa.

### 3.5 Conclusão

O trabalho desenvolvido proporcionou uma alternativa na análise que é feita ao funcionamento de uma quinadora. Com os dados neste momento adquiridos com apenas um ciclo de quinagem é possível obter uma análise diferente à a um ensaio meramente mecânico. A célula de análise desenvolvida é um comando versátil, devido à gama de quinadoras que pode analisar, bem como

<sup>17</sup>Distancia percorrida pelo avental móvel

de fácil utilização, a interface desenvolvida permite utilizar os diversos *software*. O manual apresentado na Secção [E](#) é prova dessa simplicidade.

A célula de análise apresenta bons resultados, pois mesmo em situações em que máquina não está estável a mesma consegue identificar corretamente os valores para realizar a análise do ciclo. A implementação surge como uma mais valia para análise de quinadoras, visto apresentar parâmetros que podem ser utilizados para comparação entre máquinas de modelos idênticos para uniformização da produção

## Capítulo 4

# Modelação do Funcionamento de uma Quinadora

O objetivo deste capítulo é estimar modelos representativos do processo de quinagem, bem como a sua validação os modelos estimados vão permitir simular a quinadora em diferentes situações. Através da simulação de um modelo dinâmico é possível entender quais os parâmetros que mais influenciam o processo de quinagem.

O modelo é estimado a partir das entradas e saídas medidas previamente durante a operação da quinadora. Caso haja uma linearidade do sistema, é possível a sua identificação através de métodos de identificação de modelos lineares. Caso o mesmo não se suceda, o modelo pode não conseguir simular corretamente a resposta do sistema, visto não conseguir estabelecer uma relação correta entre as entradas e saídas.

### 4.1 Procedimento

A identificação do sistema é iniciada com a aquisição de dados. Esta operação é planeada para maximizar a informação dos dados. Caso este planeamento não seja possível, recorre-se a uma aquisição dos sinais das entradas e saídas do sistema durante o funcionamento normal.

Neste trabalho teve que se optar pela segunda opção, ou seja, a aquisição de dados em funcionamento normal. Recorreu-se inicialmente à identificação de modelos lineares. Só após a análise dos resultados, foi utilizada uma identificação de modelos não lineares. Após a identificação dos modelos foi feita a validação dos mesmos.

### 4.2 Constituintes e Funcionalidade

Nesta fase, por forma a compreender quais seriam os parâmetros a trabalhar, com vista à compreensão do sistema, é necessário recolher os diferentes constituintes, que caracterizam o processo

de quinagem da mesma, e identificar a sua possível representação.

Os principais constituintes de uma quinadora, que irão exercer um papel fundamental, na sua movimentação e controlo de posição e velocidade são:

- Os cilindros hidráulicos, cuja função se prende com o exercício do movimento, descendente e ascendente, em cada ponta do avental móvel, pelo que será necessária a presença de dois cilindros.
- O CNC, cujo propósito se prende com a necessidade de controlo dos cilindros.

É, contudo, necessário exercer um controlo comparativo entre os valores dos cilindros. O desvio entre os cilindros não pode exceder um certo parâmetro, que está definido diretamente no CNC. Este desvio previne a danificação da quinadora. O CNC é representado por um controlador PI, visto ser necessário realizar um controlo de posição. Este controlador surge como uma boa opção para este tipo de situação.

O avental móvel é o objeto que irá ser movimentado. Este objeto é representado por uma carga, sendo que os parâmetros desta carga irão servir como dados que irão alterar o funcionamento dos cilindros. Consoante o movimento do avental, seja descende, onde existe menor influência dos cilindros, ou ascendente, onde é necessário contrariar a força descendente criada pela carga, o funcionamento é explicado na Secção 2.4.

A identificação dos modelos a adquirir irá incidir sobre os cilindros, que os principais representantes do movimento do avental. Será necessário realizar a identificação de cada braço da quinadora, ou seja, de cada cilindro.

### 4.3 Parâmetros da Simulação

Após a identificação dos constituintes é necessário estimar valores para os diferentes parâmetros que caracterizam o funcionamento da quinadora.

É preciso ter em conta que alguns dos parâmetros da simulação podem sofrer alterações, consoante a necessidade de alterar a simulação do sistema a analisar. As quinadoras têm diversas máquinas que diferem a nível de parâmetros e isto provoca que os constituintes funcionem de maneira diferente. Nas aquisições são recolhidos os dados apresentados na Tabela 4.1. Destes são utilizados a tensão como entrada e a posição e velocidade para as variáveis de saída.

Tabela 4.1: Tabela com os Parâmetros da Entrada e Saída Do Sistema

Entradas	Saídas
Pressão (Bar)	Y1 Pos (mm)
Tensão Y1 (V)	Y2 Pos (mm)
Tensão Y2 (V)	Y1 Vel (mm/s)
	Y2 Vel (mm/s)

O sinal de entrada é um sinal digital, o que irá alterar a gama de valores ou seja, caso haja uma escala de -10 a 10 V para valores de tensão e uma escala de -300 a 300 bar para valores de pressão. Estes valores estão representados em sinal digital, pelo que irão obter valores entre 0 e 4092, estes valores são relativos aos ensaios realizados.

## 4.4 Influência do Controlo em cada uma das Fases de Quinagem

Existem diversos controladores, que diferem a nível de complexidade, sendo assim aplicados ou não a nível industrial. O propósito da sua aplicação é um fator importante na decisão do controlador a utilizar. A sua seleção é feita consoante a funcionalidade do movimento ou parâmetro que se quer controlar.

Nos comandos numéricos desenhados pela ESA são utilizados quase sempre controladores P e PI, consoante a necessidade de uma resposta mais rápida. Podendo, surgir a utilização de controladores PID, esta é contudo mais escassa.

Para a mesma situação, a Cybelec tudo indica a utilização controladores PID, que podem ser programados[10]. Os parâmetros de cada eixo são controlados por um controlador único. Do ponto de vista de seleção de controladores, pode afirmar-se que a Cybelec opta por controladores mais complexos porque este conseguem melhores tempos de ciclo.

A realização de testes e aquisição de dados referentes aos ciclos das quinadores mostra as diferenças entre as respostas de ambos os comandos, Cybelec e Adcontrol.

O processo de quinagem é caracterizado por quatro fases distintas, que depende da velocidade e posição, sendo ambas controladas pela pressão, tal como especificado na secção 2.1.2. A sequência de fases é a seguinte: fase descendente rápida, fase descendente lenta ou de trabalho, fase de descompressão e fase de subida rápida. Existe ainda uma fase adicional que não pertence ao ciclo de quinagem. A sua função tem a ver com a indexação da quinadora.

O processo inicia-se com a fase descendente rápida, é caracterizada por um controlo de velocidade que tem como objetivo atingir rapidamente a velocidade máxima de descida, definida na parametrização. Nesta fase ambos os controladores de velocidade e posição, trabalham em conjunto para aumentar e reduzir rapidamente a velocidade, consoante a necessidade do funcionamento da máquina.

Existe uma maior influência do controlador de velocidade, comparativamente ao de posição. O controlador de posição monitoriza e avalia a necessidade de aumento ou diminuição da velocidade do avental móvel. Por outro lado, o controlador de velocidade permite atingir o mais rapidamente possível a velocidade máxima, bem como reduzi-la, otimizando a fase de descida da máquina.

A fase seguinte é a de descida lenta ou de trabalho, caracterizada por um movimento lento comparativamente com o da fase anterior, visto necessitar de um maior controlo da posição. O

ponto BDC é definido pelo CNC de acordo com o ângulo de quinagem, punção e matriz em utilização. Consoante estas ferramentas será necessário um maior ou menor BDC.

Nesta fase, ao contrário da anterior, o controlador de posição tem um papel fundamental visto necessitar de um controlo exato, para o correto posicionamento do avental móvel. O controlador de velocidade é secundário.

Após realizada a quinagem, as válvulas necessitam de uma descompressão e não existe uma influência dos controladores.

A última fase do processo de quinagem é a de subida rápida, que é idêntica à inicial, a fase de descida rápida, sendo a única diferença o sentido, que aqui é o inverso.

Tal como foi referido anteriormente, existe uma fase adicional, que não pertence ao processo de quinagem mas sim ao processo de indexação. Esta fase é caracterizada por um movimento ascendente lento, similar ao da fase de descida lenta. Neste movimento é o controlador de posição quem exerce maior influência sobre o movimento do avental.

## 4.5 Aquisição dos dados para Identificação do Modelo do sistema

Inicialmente, os dados, anexo A, eram adquiridos através do *software* Tekscope, explicado na subcapítulo 3.3.1. Devido a limitações de *software* e *hardware*, foi necessário efetuar a aquisição de dados através do TekScope, juntamente com a implementação de um software alternativo para aquisição e análise de dados, Secção 3.3. Alguns ensaios adquiridos através do PbCycle(3.3.2), utilizaram um período de amostragem,  $T_a$ , demasiado baixo comparativamente com o tempo de resposta da quinadora.

Realizaram-se vários ensaios, entre os quais o principal foi o 17 (A.17). Devido ao seu tamanho proporcionou dados para identificação como validação do modelo. Outros ensaios, como os ensaios 4 (A.4) e 5 (A.5), permitiram iniciar a identificação do modelo. No entanto, os ensaios 17 (A.17) e 18 (A.18), que contêm mais do que um ciclo, permitem realizar experiências de identificação mais informativas.

## 4.6 Dificuldades na Identificação do Modelo do Sistema

Ao iniciar a identificação dos modelos, com os ensaios A4(A.4) e A5(A.5), surgiu um problema que evidenciava a diferença entre os períodos de amostragem na aquisição por Tekscope e por PbCycle. Este problema foi observado em diversas situações, sendo que as aquisições com período de amostragem elevado não conseguiam dados suficientes para caracterizar as variações de velocidade e, consequentemente, originaram modelos pouco precisos. A diminuição do período de amostragem para 19 ms com o Tekscope permitiu estimar modelos mais precisos.

Numa segunda fase surgiu a dificuldade quanto à divisão faseada do ciclo de quinagem. Em cada fase, as variáveis de entrada e saída apresentam respostas diferentes. A identificação do modelo irá assim ser influenciada por estas alterações, pelo que é necessário a identificação de modelos diferentes para as diversas fases. Outra dificuldade foi a existência de não linearidades nos modelos.

## 4.7 Identificação de Modelos Lineares

Após adquiridos os dados de identificação, foi necessário recorrer separá-los de acordo com a fase de quinagem a que se referiam. Depois da separação das diferentes fases do processo, realizou-se a estimação dos parâmetros.

Os modelos lineares foram identificados com a função 'oe' da *toolbox* de identificação de sistemas do MATLAB. Esta função estima os parâmetros através da minimização da soma dos quadrados do erro da saída (*Output-Error*). Foi também necessário estimar a ordem do modelo. Selecionaram-se modelos de ordem 1. Esta ordem foi escolhida pela possibilidade do modelo poder ter uma interpretação física mais clara. Contudo, existiram situações em que se teve que recorrer a modelos de ordem superior. O modelo discreto estimado foi transformado em contínuo considerando a entrada constante entre os instantes de amostragem.

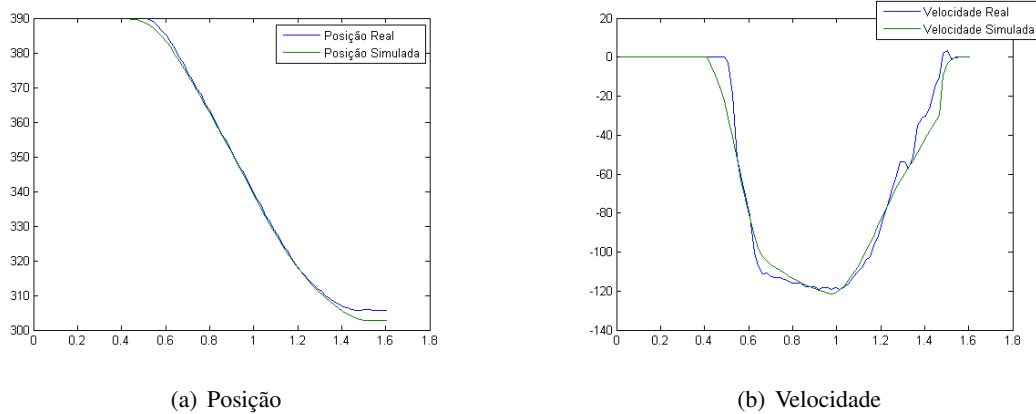


Figura 4.1: Gráficos representativos da resposta do modelo do braço Y1

Na fase de descida rápida obteve-se o modelo com função de transferência para o braço Y2.

$$G_{Y1}(s) = \frac{5.557}{s + 59.55} \quad (4.1)$$

para o braço Y1 e

$$G_{Y2}(s) = \frac{4.865}{s + 51.55} u(t) \quad (4.2)$$

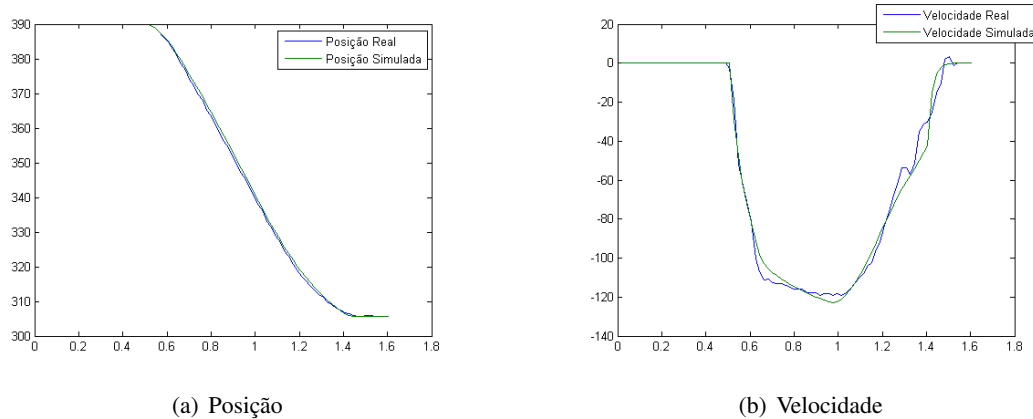


Figura 4.2: Gráficos representativos da resposta do modelo com atrito estático braço Y1

As diferenças entre os modelos estimados são relativamente pequenas. A Figura 4.1 compara as variações de posição e velocidade do modelo do braço YI com os dados de identificação. Podem detetar-se diferenças entre as velocidades medidas e previstas pelos modelos que provocam diferenças significativas na posição final do avental. Por outro lado nota-se a existência de atrito estático na fase inicial da descida. Esse atrito estático foi incorporado no modelo melhorando significativamente a sua precisão nesta fase como se pode comprovar na figura 4.2.

Também se estimaram modelos através do comando 'arx' da toolbox de identificação de sistemas. Este comando utiliza o método dos mínimos quadrados para minimizar a soma dos quadrados dos erros de previsão de modelos com estrutura ARX. Como o erro de previsão destes modelos é uma função linear dos parâmetros a sua minimização tem uma solução analítica que, consequentemente, é determinada por métodos não iterativos de grande eficiência computacional. Na figura 4.3, que compara as simulações dos modelos estimados pelos comandos 'oe'(verde) e 'arx'(vermelho), vê-se que os 'oe' foram mais precisos.



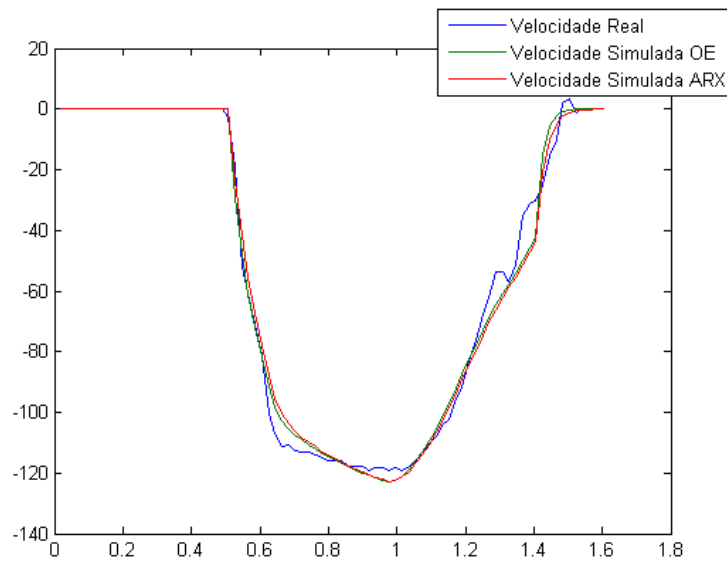


Figura 4.3: Gráfico representativo da comparação das respostas da Identificação por métodos lineares (OE e ARX)

Também se estimou um modelo com estrutura de Bok-Jenkins (BJ) utilizando o comando 'bj' da *toolbox* de identificação de sistemas. Na figura 4.4 pode verificar-se que este modelo não apresenta melhorias significativas quando comparada com OE. Como o comando 'oe' é, computacionalmente mais eficiente, optou-se por descrever a quindora por modelos do tipo OE.

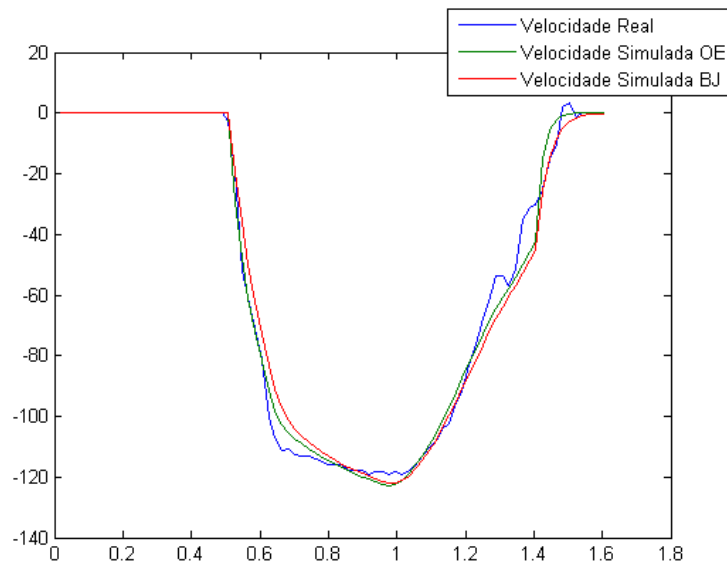


Figura 4.4: Gráfico representativo da comparação das respostas da Identificação por métodos lineares (OE e BJ)

Também a partir da Figura 4.5 é possível tirar as mesmas conclusões. A partir da observação da Figura 4.5, pode concluir-se que o sistema tem uma resposta não linear, pelo que se torna difícil conseguir um modelo linear que represente o sistema de forma satisfatória.

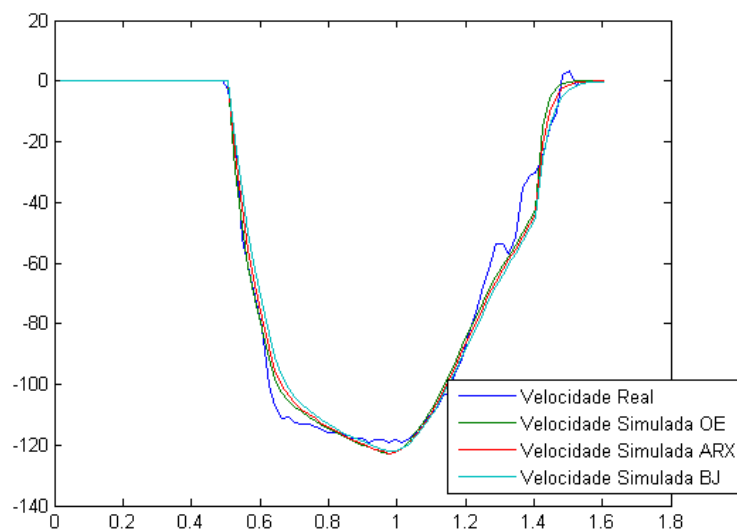


Figura 4.5: Gráfico representativo da comparação das respostas da Identificação por métodos lineares

## 4.8 Identificação Modelos Não Lineares

Nos resultados apresentados anteriormente, os modelos estimados foram pouco precisos não conseguindo respostas totalmente satisfatórias. Grande parte das imprecisões devem-se a não linearidades do sistema hidráulico dos motores que movimentam o braço. Considerando estas linearidades estáticas e como o sistema hidráulico é o órgão de entrada, descreveu-se o sistema por um modelo Hammerstein, ou seja, um bloco não linear estático seguido dum bloco linear e invariante no tempo. Como não existia qualquer tipo de informação sobre a não linearidade de entrada optou-se por descreve-la por um modelo não paramétrico, mais precisamente, por uma função linear por troços. A razão desta opção reside ainda no facto da *toolbox* de identificação do MATLAB ter uma função que permite identificar sistemas Hammerstein onde a não linearidade é descrita por este tipo de funções. Existem outras alternativas de modelos Hammerstein, onde a não linearidade pode ser descrita como máquinas de suporte vetorial (support vector machines) ou máquinas de suporte vetorial de mínimos quadrados, que até podem ser mais eficientes. O problema é o algoritmo para identificação destes modelos não estão facilmente disponíveis e terem de ser implementados durante o projeto, o que se torna num processo mais moroso.

Utilizando os dados a primeira fase, do ensaio 17, e o comando 'nlhw' da *toolbox* de identificação do MATLAB obteve-se, para o braço Y1, um modelo, com o bloco não linear e bloco linear, apresentado na Figura 4.6(a) e com a função de transferência.

$$G_{Y1}(s) = \frac{70.22}{s + 34.25} \quad (4.3)$$

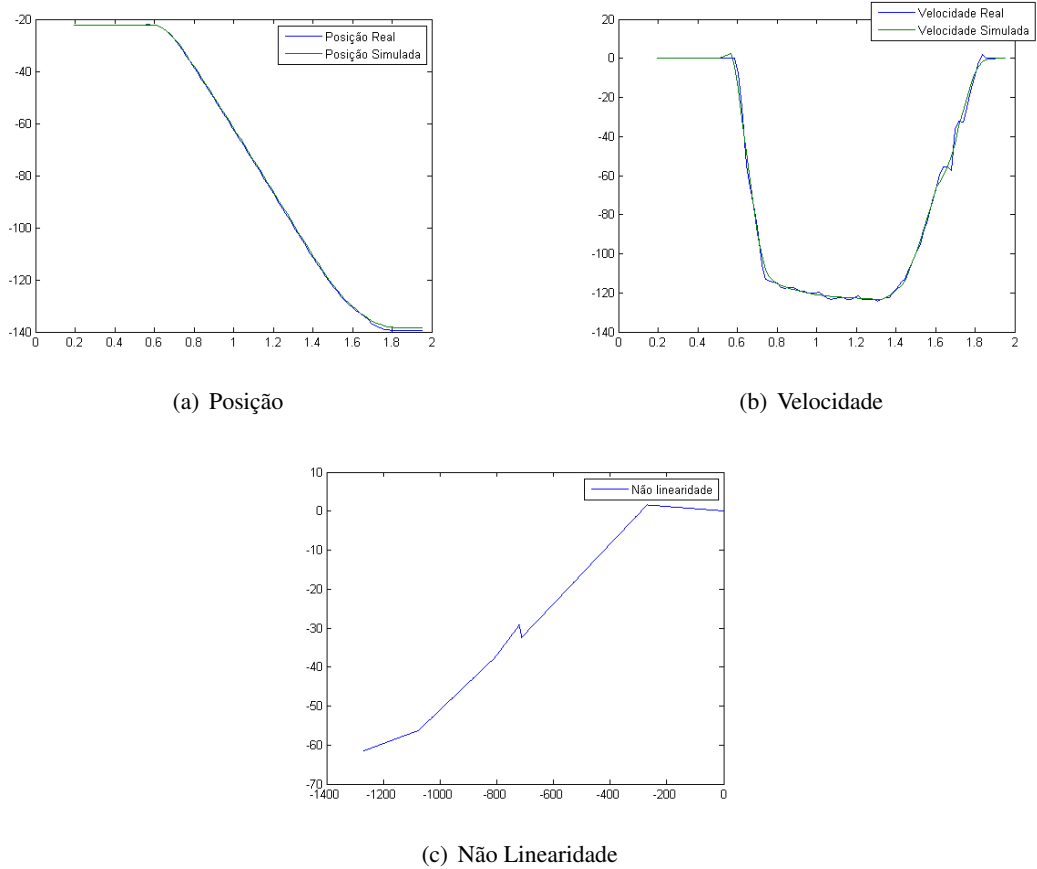


Figura 4.6: Gráficos representativos da resposta do modelo com identificação não linear Fase A

As Figuras 4.6(b)-4.6(c) comparam a velocidade e a posição simuladas pelo modelo com os valores medidos. Pode observar-se que os erros de simulação são muito pequenos.

A fase de descida lenta foi dividida em duas partes: descida sem contacto com a chapa e descida com contacto. Esta separação deve-se, quando a punção entra em contacto com a chapa e inicia o processo de quinagem, o binário resistente sofre um aumento que se traduz numa alteração do modelo. Na figura 4.7 apresenta-se a não linearidade estimada da primeira parte da fase B. Pode ver-se que o modelo apresenta uma zona morta. As Figuras 4.7(a) e 4.7(b) comparam a posição e a velocidade do braço simulados pelo modelo com as que foram medidas. Nota-se, na Figura 4.7(b) que o modelo não consegue simular as vibrações existente na velocidade. No entanto, como estas vibrações se traduzem em oscilações de valor médio nulo, não têm qualquer efeito sobre a posição, sendo a simulação de posição, na Figura 4.7(b), quase perfeita.

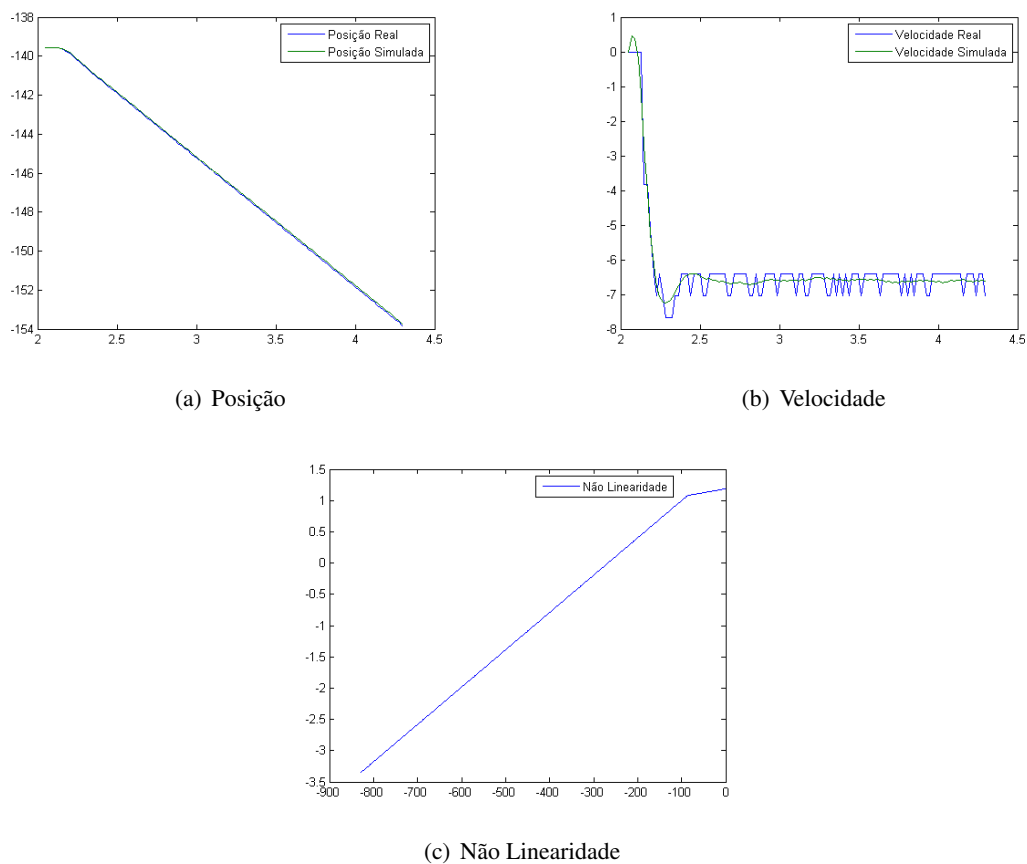


Figura 4.7: Gráficos representativos da resposta do modelo com identificação não linear Fase B

Na Figura 4.8(c) mostra-se a não linearidade estimada durante a quinagem. À semelhança do que existe na fase, exhibe também uma zona morta mas o ganho é mais elevado. Este modelo também não consegue prever as vibrações da velocidade, mas na Figura 4.7(a) constata-se que, tal como anterior, consegue simulações quase perfeitas da posição.

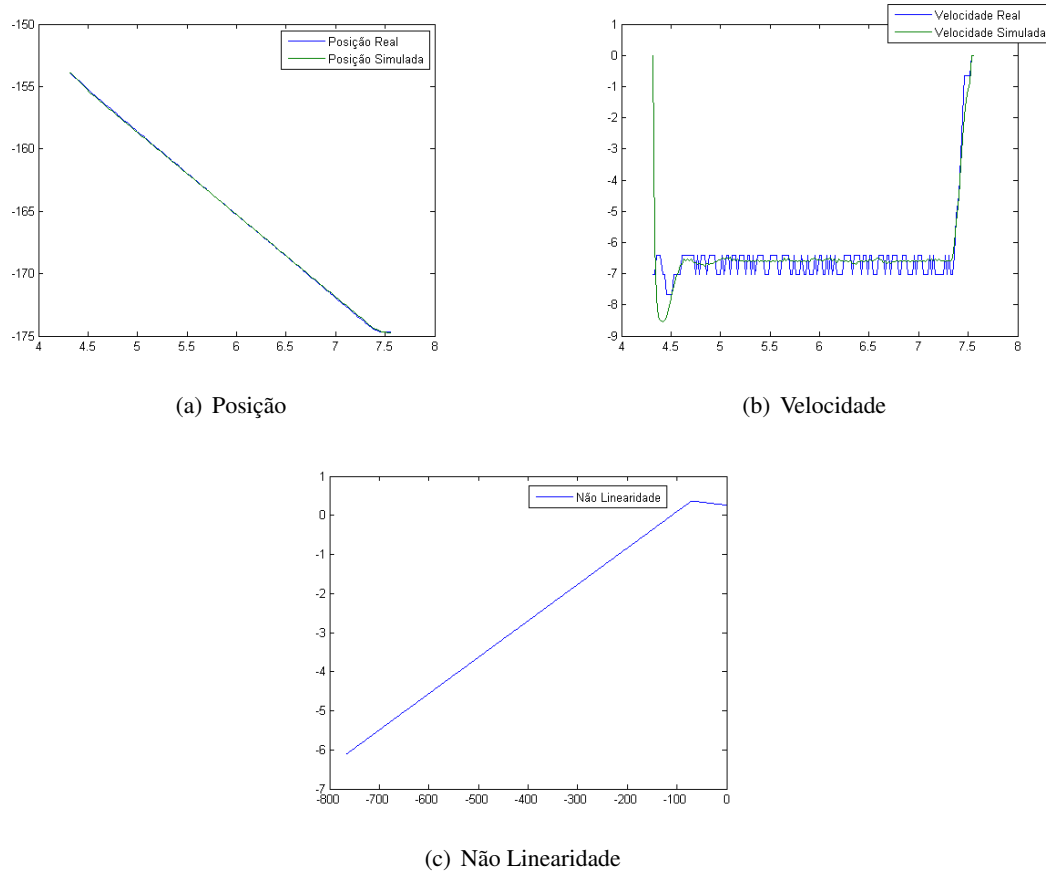


Figura 4.8: Gráficos representativos da resposta do modelo com identificação não linear Fase C

## 4.9 Validação dos Modelos

Um modelo pode descrever muito bem os dados de identificação e ser muito pouco preciso quando simulado com outras entradas. Por este motivo, é muito importante validar um modelo com dados cruzados, ou seja, com dados não utilizados na sua estimação. Até agora as simulações dos modelos foram comparadas com os dados de identificação.

O ensaio 17 (A.17), proporcionou ciclos sucessivos, o que permitiu assim uma separação dos dados. Utilizando só os primeiros ciclos para identificar o modelo, os restantes puderam ser utilizados para a sua validação. A organização por fases permitiu que os dados fossem utilizados para a estimação de um único modelo. Os dados foram divididos nas fases A, fase descida rápida, B, fase descida lenta sem considerar a quinagem, C, fase de quinagem, D, fase descompressão, e E, fase subida rápida.

#### 4.9.1 Validação dos modelos identificados nos diferentes ensaios

A validação através dos dados utilizados para a identificação do sistema foi utilizada durante os ensaios 4 (A.4) e 5 (A.5). A razão da utilização desta metodologia prende-se com a existência de apenas um ciclo, utilizado para identificação e validação do modelo.

Como já referido, os dados de identificação do modelo foram utilizados para validação. O problema com o *overfitting* é a fácil adaptação do modelo. Para a presente situação, a resposta do modelo é positiva, contudo o mesmo pode não se adaptar a dados diferentes.

Uma forma para resolver este problema da validação é a utilização de modelos distintos em ciclos diferentes, ou seja, numa aquisição de oito ciclos utiliza-se os quatro primeiros ciclos por forma a desenvolver modelos que representem o sistema. Por forma a validar estes quatro modelos é necessário recorrer aos restantes ciclos da aquisição realizada. O método corresponde à utilização dos dados referentes aos últimos ciclos para validar os quatro modelos dos primeiros ciclos. Desta forma a simulação da velocidade e posição dos quatro últimos ciclos é baseada nos quatro primeiros modelos.

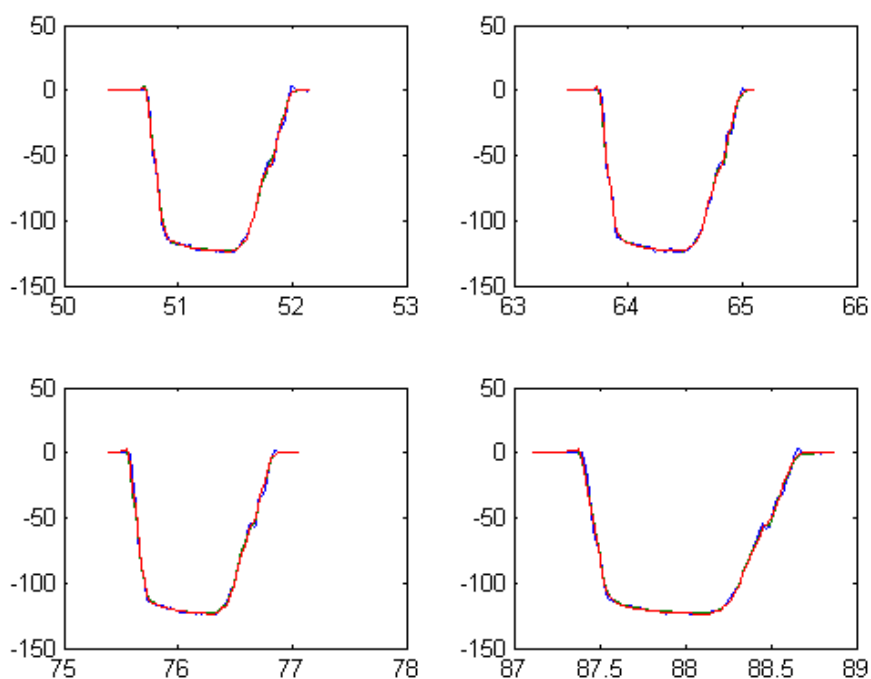


Figura 4.9: Gráficos representativos da comparação das respostas do primeiro método de validação

Observa-se que os modelos adquiridos pelo método de identificação de Hammerstein apresentam resultados consistentes quando utilizados com dados provenientes de situações distintas de

aquela, que gerou o modelo.

O método de divisão de dados para validação de modelos foi aceite como válida. Contudo a utilização de dados obtidos noutros ensaios proporcionaria um verdadeiro teste à validação do modelo. Infelizmente isto não foi possível pois a máquina onde foram feitos estes ensaios foi, entretanto, expedida para o cliente final.

#### 4.9.2 Comparação de Modelos

Para comparar os diferentes modelos recorreu-se à função *compare()* do Matlab. Esta função apresenta uma simulação dos modelos, consoante os dados seleccionados. Compara os diversos modelos adquiridos nos oito ciclos ensaiados. É possível realizar uma comparação simultânea dos modelos e assim compreender qual o modelo que melhor resposta apresenta, perante os dados do sistema.

Este método de comparação de modelos pode ser utilizado para ambas as situações referidas. Desta forma é possível validar os modelos alcançado.

#### 4.9.3 Análise aos modelos identificados

Após as experiências realizadas anteriormente, nas Secções 4.7 e 4.8, foi possível constatar que os modelos não lineares são muito mais precisos que os lineares.

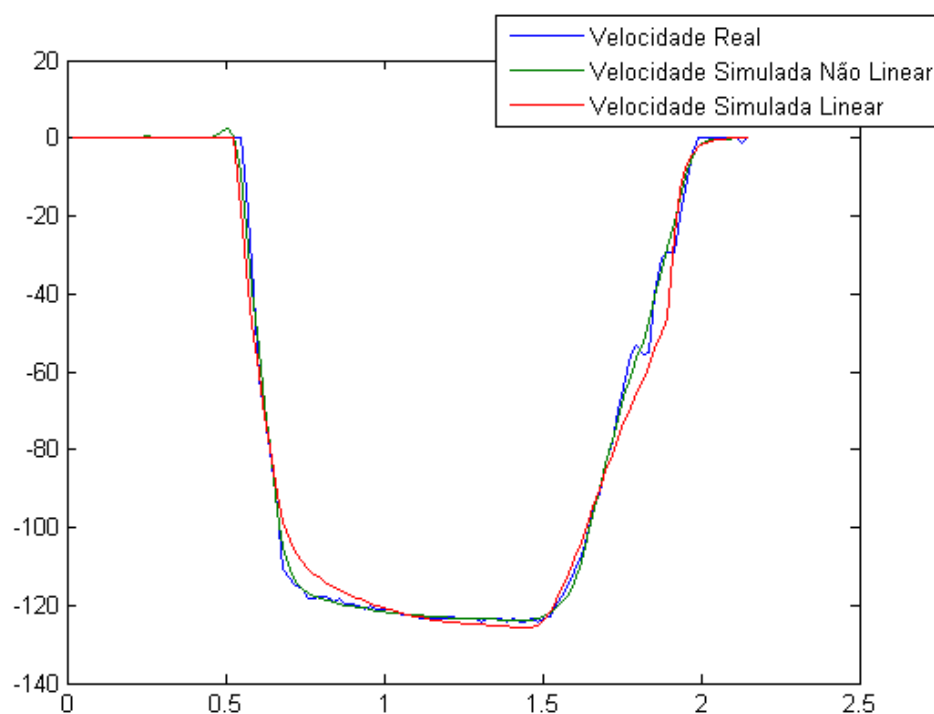


Figura 4.10: Gráfico representativo da comparação das respostas do método Linear e não Linear

Isto pode ser comprovado na Figura 4.10 onde se constata que, na fase de descida rápida, a velocidade simulada pelo modelo não linear (curva verde) está muito mais próxima da medida (curva azul) do que a simulada pelo modelo linear (curva vermelha). A função de transferência estimada pelo modelo linear é

$$G(s) = \frac{3.068}{s + 31.35} \quad (4.4)$$

e a do bloco linear estimado pelo modelo não linear é

$$G(s) = \frac{70.22}{s + 34.25} \quad (4.5)$$

Para validar os modelos, é necessário analisar a resposta obtida pelos modelos utilizando os dados de validação. A metodologia utilizada para análise destes resultados baseia-se na análise do erro de simulação, calculado através da formula seguinte:

$$Erro\ de\ Simulao = Valor\ Medido - Valor\ Simulado \quad (4.6)$$

Por outro lado, utilizou-se o coeficiente BFT (Best FiT) para avaliar o nível de adaptação do modelo aos dados, ou seja, para, medir a distância entre os dados simulados e os medidos. Este índice é definido por

$$BFT = 1 - \sqrt{\frac{Erro^T * Erro}{(vm - \overline{vm})^T * (vm - \overline{vm})}} \quad (4.7)$$

Esta análise foi feita inicialmente só para os dados de validação. De seguida utilizou-se a totalidade dos dados, tanto os de identificação como os de validação. A razão prende-se com a possibilidade de conseguir concatenar os vetores referentes à tensão e velocidade, respetivamente entrada e saída, pois em ambas as Fases A e E os sinais partem de uma situação de repouso, assim é possível utilizar modelos idênticos para analisar.

Para os braços Y1 e Y2, durante as fases de descida rápida (índices ac, fase A) e subida rápida (índices ec, fase E), as funções de transferência dos blocos lineares dos modelos estimados foram,

$$G_{Y1_{ac}} = \frac{71.65}{s + 36.58} \quad (4.8)$$

$$G_{Y2_{ac}} = \frac{72.96}{s + 38.69} \quad (4.9)$$

$$G_{Y1_{ec}} = \frac{71.11}{s + 35.7} \quad (4.10)$$

$$G_{Y2_{ec}} = \frac{73.1}{s + 38.92} \quad (4.11)$$



De assinalar a semelhança entre os parâmetros dos modelos das fases A e E. Esta semelhança indicia que, nestas fases o deslocamento dos braços da quinadora pode ser descrito pelo mesmo modelo para ambas as fases. Isto, de alguma forma, constitui uma validação adicional dos modelos estimados. Por outro indica a possível identificação de um modelo único para estas fases.

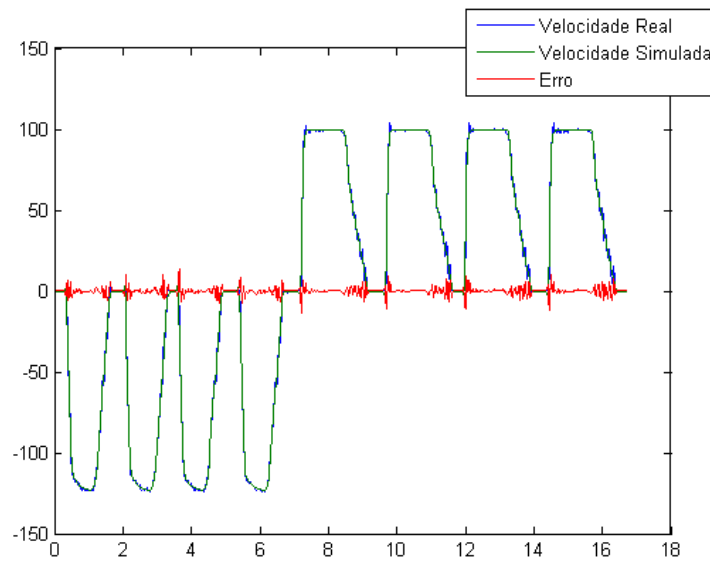


Figura 4.11: Gráficos representativos da validação de um modelo para as Fases A e E

$$G_{Y1_{AE}} = \frac{71.76}{s + 36.76} \quad (4.12)$$

O modelo é uma junção das duas fases de movimentação rápida. É possível notar que a existência da similaridades entre os modelos, (4.8) (4.9) e (4.10) (4.11) permitiu a junção numa única para representação do movimento rápido de descida e subida.

Este método de junção de dados foi facilmente implementado para as fases A,B e E pois, nestas fases o braços partem do repouso. Para as restantes o fato do braço não partir do repouso constituiu um dificuldade adicional que, no entanto, poderá ser resolvida numa fase futura deste trabalho.

## 4.10 Conclusão

O resultados obtidos, com a identificação dos modelos, foram muito positivos. Por um lado os resultados apresentados demonstram a existência de não linearidades no sistema em análise, quinadora. Por outro lado, a divisão por fases e os resultados provenientes dessa identificação.

A nível da identificação do modelo do sistema é notória a diferença entre métodos lineares e não lineares, sendo os resultados da identificação não linear superiores. Quanto à divisão por fases, foi possível identificar semelhanças entre fases diferentes, mais propriamente as semelhanças entre as fases de descida e subida rápidas. Os resultados demonstram assim uma boa estimação do modelo de uma quinadora.

## Capítulo 5

# Conclusão

Neste capítulo apresentam-se as conclusões do trabalho realizado. É feito o balanço do trabalho desenvolvido. Também são inseridas ideias relativas ao seu desenvolvimento. Existe a possibilidade da informação contida nesta dissertação servir de apoio a novos desenvolvimentos do trabalho realizado ou trabalhos semelhantes.

### 5.1 Satisfação dos Objectivos

O trabalho desenvolvido tem dois pontos distintos: desenvolvimento e implementação numa célula de análise e experiências de identificação de sistemas.

No desenvolvimento e implementação numa célula foram satisfeitos os seguintes objetivos inicialmente propostos:

- Implementação do Comando Adcontrol50;
- Desenvolvimento do Software de Análise da Célula;
- Parametrização da análise da célula;

Tanto para a identificação de sistemas, como para o programa de análise seria fundamental que a célula conseguisse adquirir corretamente os dados. O comando Adcontrol50 cumpriu esta função. O único ponto negativo do método de aquisição, é o facto de as variáveis pressão e tensão serem adquiridas numa escala digital. No entanto tanto a nível gráfico como textual, estes valores foram convertidos, para as respetivas escalas de domínio contínuo de maneira a facilitar a sua compreensão.

Recorrem-se a duas metodologias diferentes para desenvolver o programa de análise: a utilização de tangentes às rampas de velocidade e a análise de impulsos. A razão, para seleccionar o segundo método é a existência de rampas não lineares, que iriam prejudicar esta análise, pelo que a sua implementação ficaria comprometida. O *software* de análise tinha como primeiro objetivo apenas guardar a análise realizada num ficheiro `.txt`. O programa permite quer a visualização do

gráfico da aquisição como a análise realizada, guardando ambos para posterior acesso. À análise realizada, inicialmente focada apenas aos tempos das rampas de aceleração e desaceleração e tempos "mortos", foram adicionadas novas características que aumentaram a capacidade do Comando Externo. A análise encontra-se dividida em dois pontos: Análise de fase e análise de ciclo. Na análise de fase são contabilizados os tempos pressupostos, é identificada a velocidade e tensão máximas da fase e a velocidade e tensão média. Na análise do ciclo é contabilizado o tempo de ciclo, identificado o curso do ensaio, a velocidade média do ensaio e as tensões máximas e mínimas.

A parametrização inserida é relativa a dois pontos diferentes. Por um lado, a parametrização, à exceção da PM13530 foi inserida baseada na parametrização das quinadoras. Por outro lado, foi desenvolvido por forma a facilitar a inserção de novos parâmetros, para avaliar novas máquinas.

O capítulo de identificação de sistemas surgiu da parte do Professor Paulo Lopes Santos, como uma melhoria e complemento ao trabalho desenvolvido na Adira. O trabalho não tinha como objetivo definido a demonstração prática da viabilidade de uma metodologia de ensaios das máquinas baseadas em modelos. A estimação destes modelos permite melhorar o processo de produção das máquinas tendo em vista a sua uniformização e simular o seu funcionamento em muitas situações sem que se tenha que recorrer a ensaios dispendiosos.

O trabalho desenvolvido foi suficiente para demonstrar a viabilidade desta metodologia. Os resultados foram promissores pois permitiram identificar semelhanças entre fases distintas. Foi possível ainda identificar a presença de não linearidades no funcionamento da quinadora. Sendo a utilização do modelo de Hammerstein fulcral, para alcançar um bom modelo do sistema.

## 5.2 Trabalho Futuro

Este trabalho envolveu dois temas, identificação de sistemas e a implementação do comando A50.

Em primeiro lugar, a nível de *hardware*, seria importante uma redução do tamanho do Comando Externo.

Neste momento o Comando Externo tem uma dimensão considerável, tem contudo, uma elevada mobilidade, devido ao carro de trabalho que o movimenta. Aumentar a mobilidade do Comando Externo permitiria aplicar a célula num maior número de situações, para além da fase de ensaio da quinadora. A principal alteração seria a substituição do Computador, ligado ao comando A50, por um portátil. O portátil necessitaria de ter o programa CNC link da ESA e o programa de análise. Com o auxílio de um cabo cruzado seria possível ligar os dois componentes eletrónicos, portátil e comando A50.

Além de existir uma alteração a nível de *hardware* seria necessário realizar um melhoramento do *software*, começando por realizar uma atualização do ficheiro dos parâmetros de análise. A

célula tem parâmetros para avaliação de quinadoras standard, mas tem também a possibilidade de analisar outras quinadoras, basta para isso dispor dos parâmetros de análise.

De seguida seria necessário realizar melhorias ao software. Por um lado melhorar como é feita a análise à quinadora. Existe sempre hipótese de melhorar o *software* de análise, estudos idênticos realizados por pessoas diferentes podem ter resultados diferentes. Com isto em mente, é possível obter melhores resultados de análise e melhores métodos de análise às quinadoras. Por outro lado adicionar novas variáveis de análise, ex: temperatura, pressão no manómetro. A adição de variáveis iria permitir diminuir o tempo gasto na avaliação de uma quinadora. Com a adição de novos parâmetros de análise seria possível tentar implementar todas as análises que são realizados durante o ensaio de calibração de uma quinadora.

Isto poderia aumentar a capacidade de análise da célula e aumentar a sua mobilidade. Dois pontos que tornam ainda mais aliciante a sua utilização e desenvolvimento.

Um segundo ponto a desenvolver seria a implementação da identificação de modelos da quinadora. O objetivo deste ponto seria a implementação de um *software* capaz de identificar o modelo da quinadora e indicar os parâmetros aconselháveis a usar na sua otimização. Para tal, seria necessário que identificasse e validasse o modelo da quinadora. Parte deste trabalho encontra-se realizado previamente. De seguida seria necessária uma simulação dos modelos em várias situações. A implementação deste simulador deveria ser capaz de através do modelo identificado para a quinadora (em análise), realizar uma simulação da alteração dos parâmetros. O resultado seria a parametrização otimizada da quinadora.



## Anexo A

# Testes Realizados

Cada ensaio contém uma tabela informativa quanto ao ensaio realizado bem como a informação recolhida do ensaio realizado.

Os ensaios realizados dividem-se em vários ensaios diferentes:

- ensaio 1 - 4: análise da performance do *hardware*; o seu propósito é avaliar quais os resultados obtidos pela célula e compreender as variáveis são adquiridas corretamente
- ensaio 5: ensaio com diferentes testes diferentes; o seu propósito era analisar qual a influência da chapa na quinagem
- ensaio 6 - 16: análise das alterações do *software de aquisição*; o seu propósito é avaliar qual o resultado das alterações realizadas
- ensaio 17 - 19: análise das alterações do *software de análise*; com os valores adquiridos foi possível analisar o resultado apresentado pelo *software de análise*

Análise dos dados:

- ensaio 1 - 19: Permitem uma análise do tempo de ciclo; dados recolhidos após estudo do ensaio em excel
- ensaio 4,5,17,18,19: Permitem uma análise através do matlab; recolhidos por TekScope
- ensaio 17 - 19: Permitem análise do *software*;
- ensaio 2,3,11,18,19: Ensaios realizados corretamente adquiridos para comparação dos tempos de ciclo das quinadoras envolvidas

## A.1 Ensaio 1

Tabela A.1: Tabela de Informação do Primeiro Ensaio

<b>Modelo:</b>	PM13530
<b>Nº Série:</b>	M00000222
<b>Controlador:</b>	Adcontrol 10
<b>Situação:</b>	-Ensaio em vazio -Sem Limitação de UDC -Sem aquisição de tensões negativas -Sem Aquisição de Posição
<b>Tempo de Ciclo em Vazio(s) :</b>	9.844

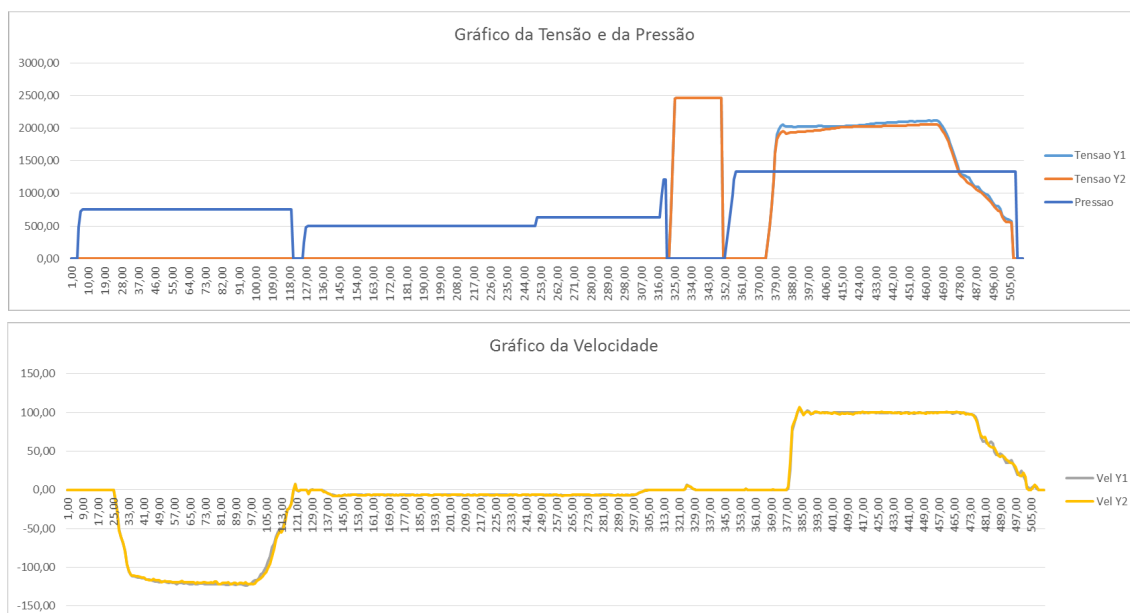


Figura A.1: Gráfico de Tensão e Pressão e Gráficos de Velocidade e Posição do ensaio 1



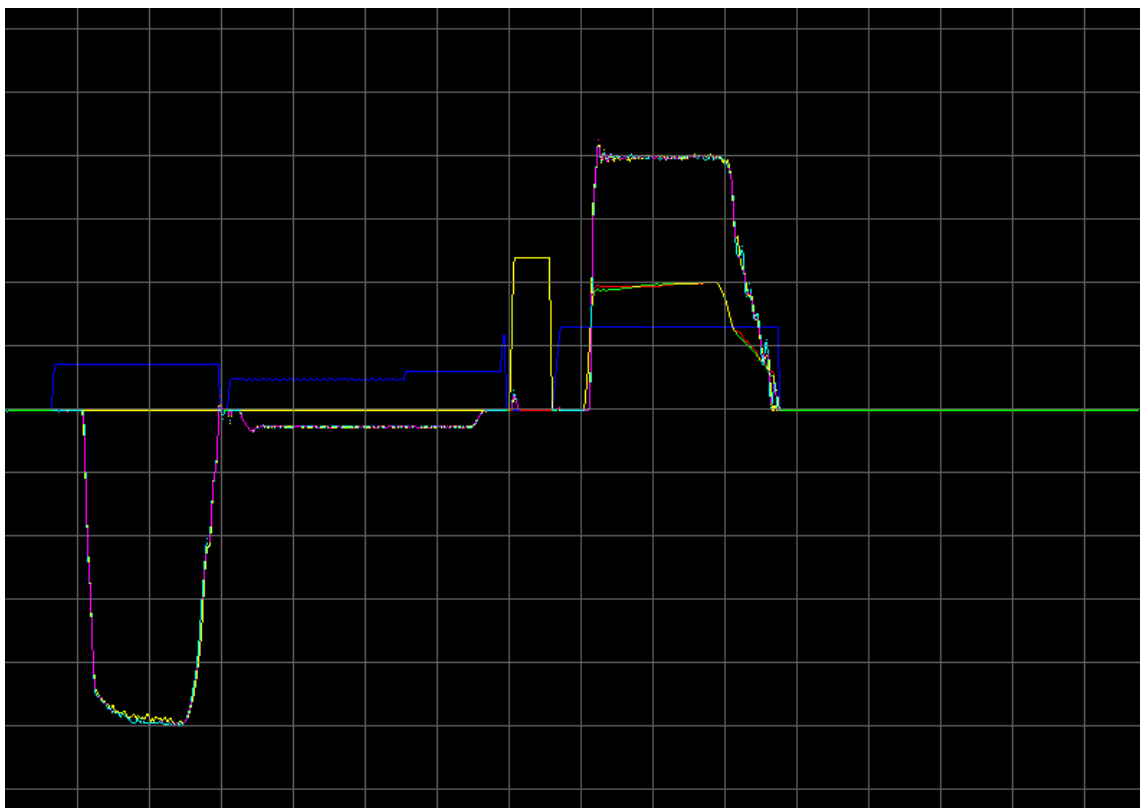


Figura A.2: Gráfico de Aquisição ensaio 1

## A.2 Ensaio 2

Tabela A.2: Tabela de Informação do Segundo Ensaio

<b>Modelo:</b>	PM13530
<b>Nº Série:</b>	M00000222
<b>Controlador:</b>	Adcontrol 10
<b>Situação:</b>	-Ensaio em vazio -Com Limitação de UDC -Sem aquisição de tensões negativas -Sem Aquisição de Posição
<b>Tempo de Ciclo em Vazio(s) :</b>	7.871

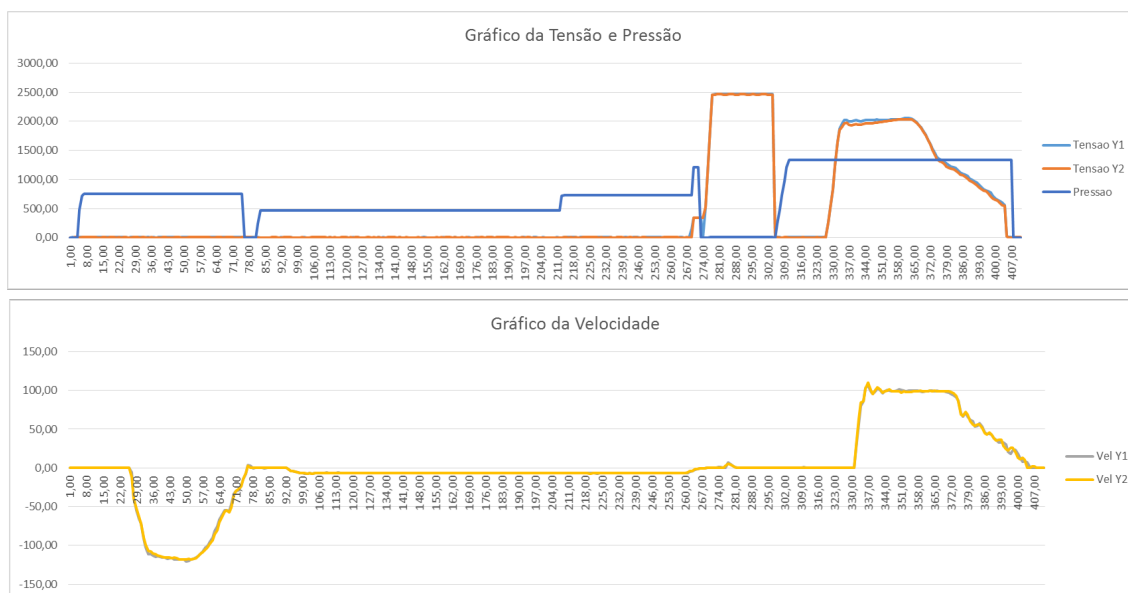


Figura A.3: Gráfico de Tensão e Pressão e Gráficos de Velocidade e Posição do ensaio 2

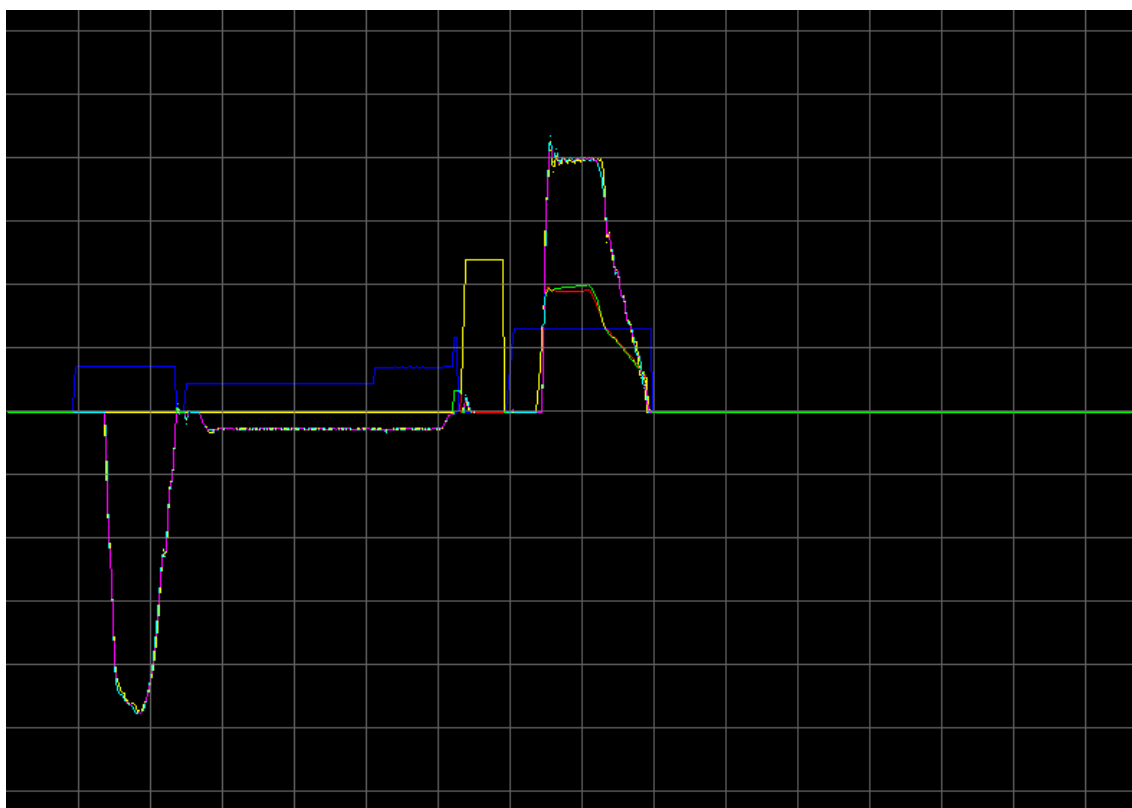


Figura A.4: Gráfico de Aquisição ensaio 2

### A.3 Ensaio 3

Tabela A.3: Tabela de Informação do Terceiro Ensaio

<b>Modelo:</b>	PM13530
<b>Nº Série:</b>	M00000265
<b>Controlador:</b>	Cybelec DNC880S
<b>Situação:</b>	-Ensaio em vazio -Com Limitação de UDC -Sem aquisição de tensões negativas -Sem Aquisição de Posição
<b>Tempo de Ciclo em Vazio(s) :</b>	6.719

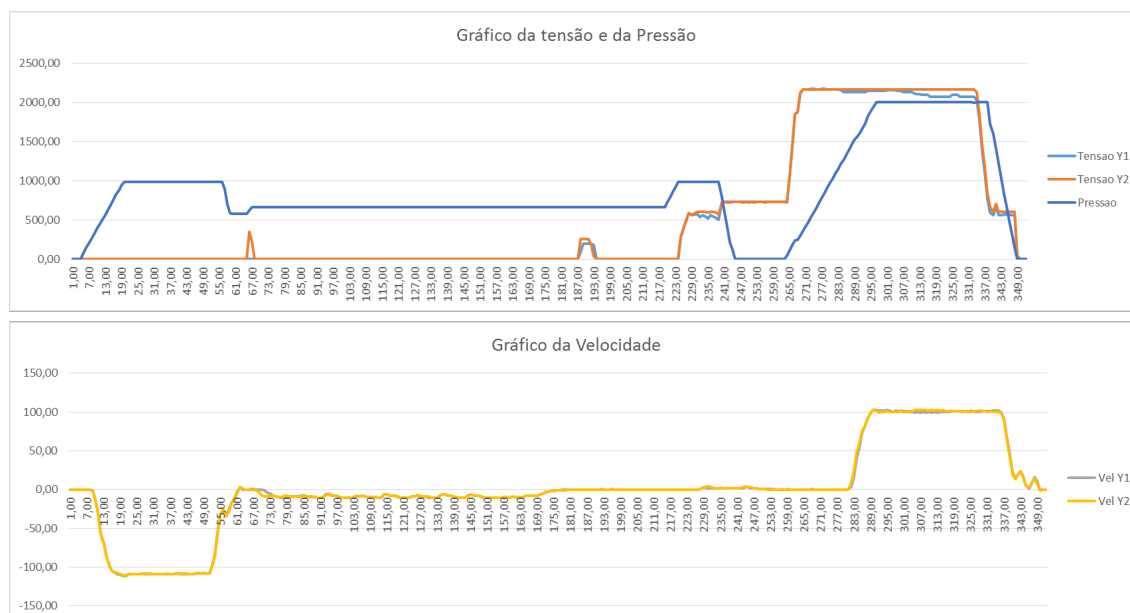


Figura A.5: Gráfico de Tensão e Pressão e Gráficos de Velocidade e Posição do ensaio 3



Figura A.6: Gráfico de Aquisição ensaio 3

## A.4 Ensaio 4

Tabela A.4: Tabela de Informação do Quarto Ensaio

<b>Modelo:</b>	PM13530
<b>Nº Série:</b>	M00000222
<b>Controlador:</b>	Adcontrol 10
<b>Situação:</b>	-Ensaio em vazio -Com Limitação de UDC
<b>Tempo de Ciclo em Vazio(s) :</b>	6.836

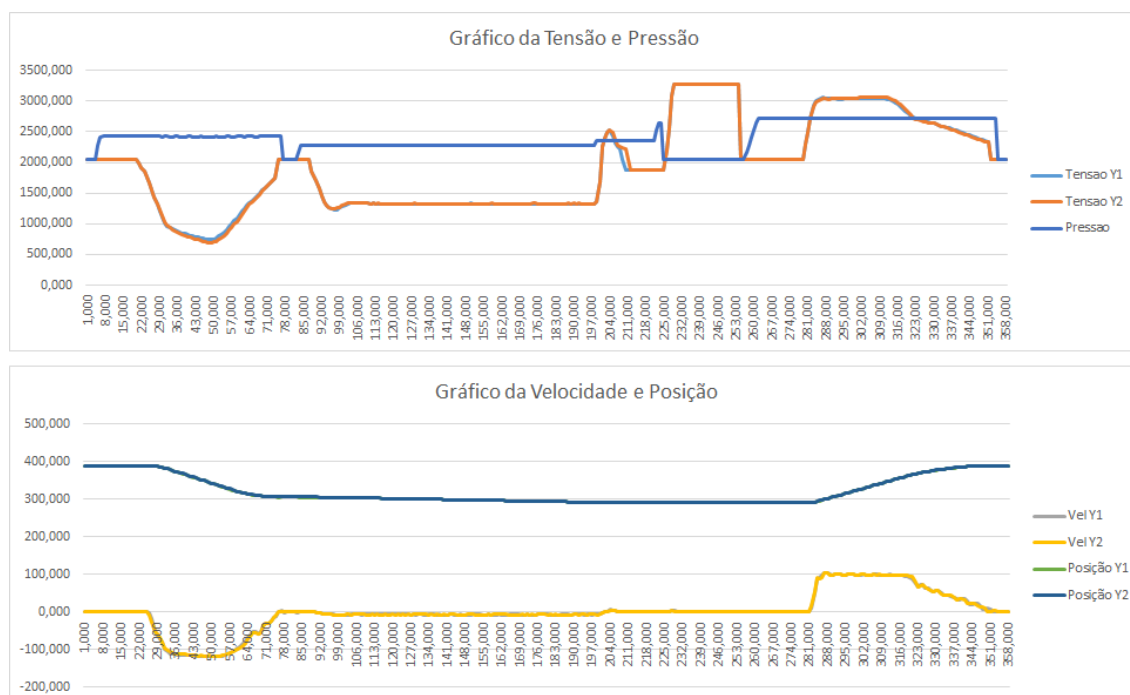


Figura A.7: Gráfico de Tensão e Pressão e Gráficos de Velocidade e Posição do ensaio 4

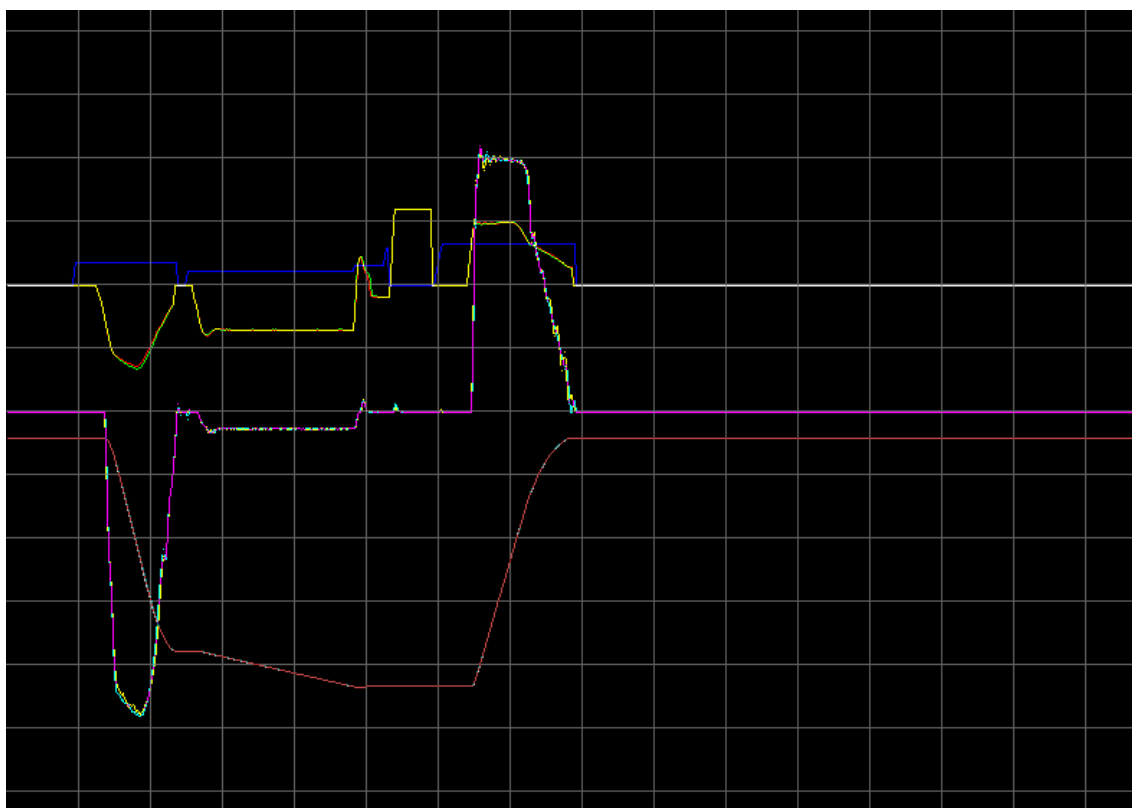


Figura A.8: Gráfico de Aquisição ensaio 4

## A.5 Ensaio 5

Tabela A.5: Tabela de Informação do Quinto Ensaio

<b>Modelo:</b>	PM13530
<b>Nº Série:</b>	M00000222
<b>Controlador:</b>	Adcontrol 10
<b>Situação:</b>	-Ensaio em vazio -Com Limitação de UDC -6 ciclos; um em vazio e dois com chapa 1500mm e dois com chapa 600mm
<b>Tempo de Ciclo em Vazio(s) :</b>	6.328

### A.5.1 Ciclo 1

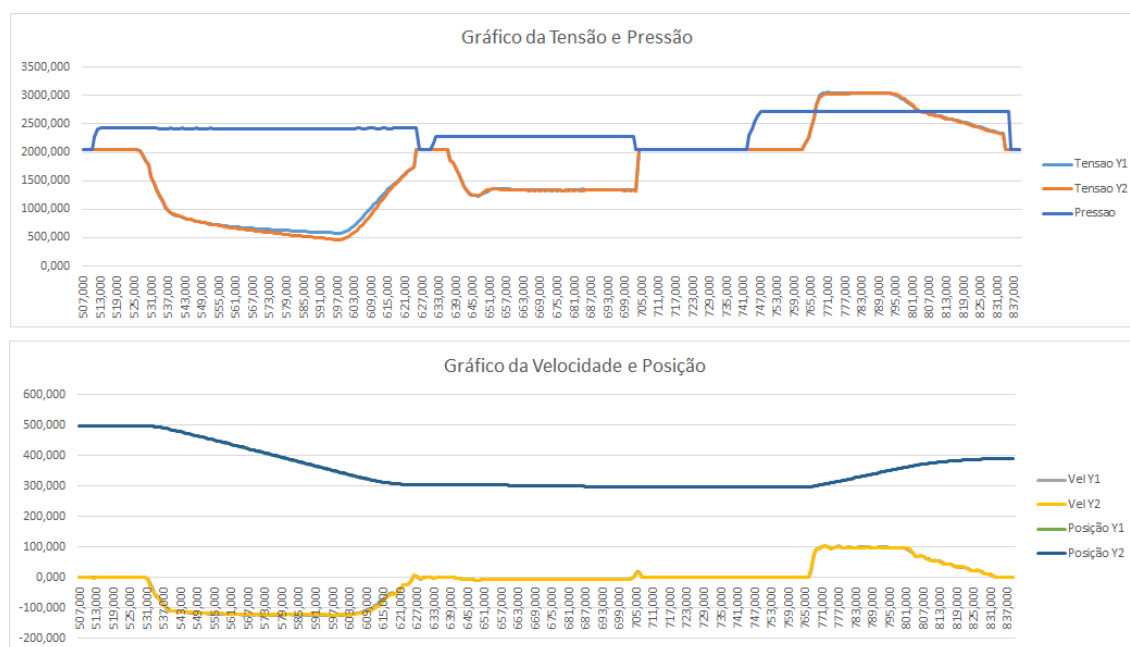


Figura A.9: Gráfico de Tensão e Pressão e Gráficos de Velocidade e Posição do ensaio 5 Ciclo 1



## A.5.2 Ciclo 2

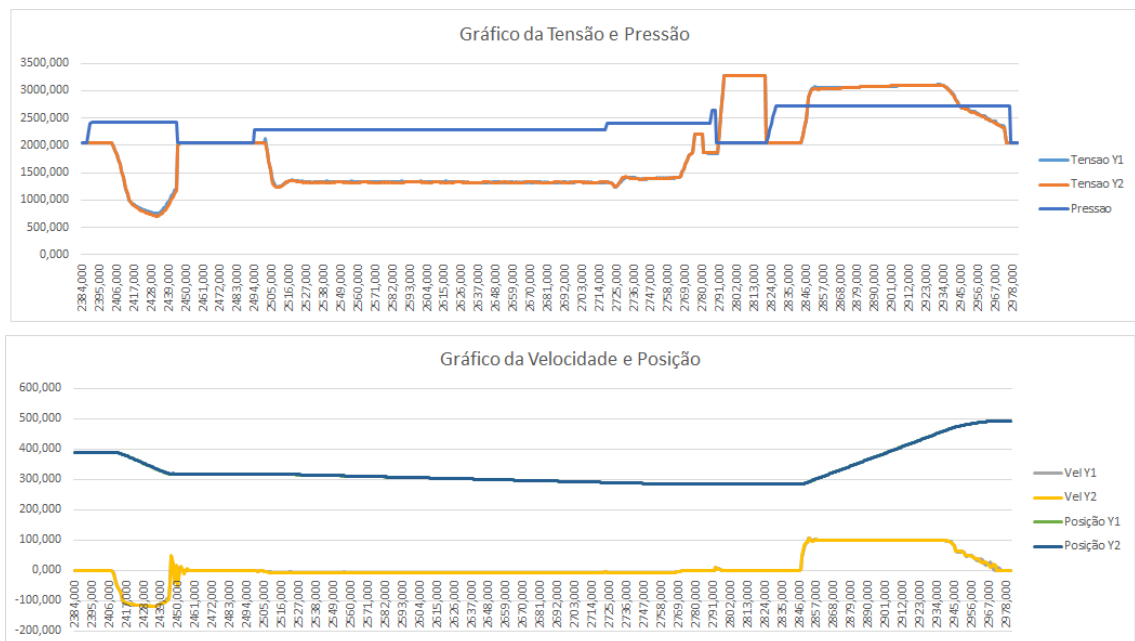


Figura A.10: Gráfico de Tensão e Pressão e Gráficos de Velocidade e Posição do ensaio 5 Ciclo 2

## A.5.3 Ciclo 3

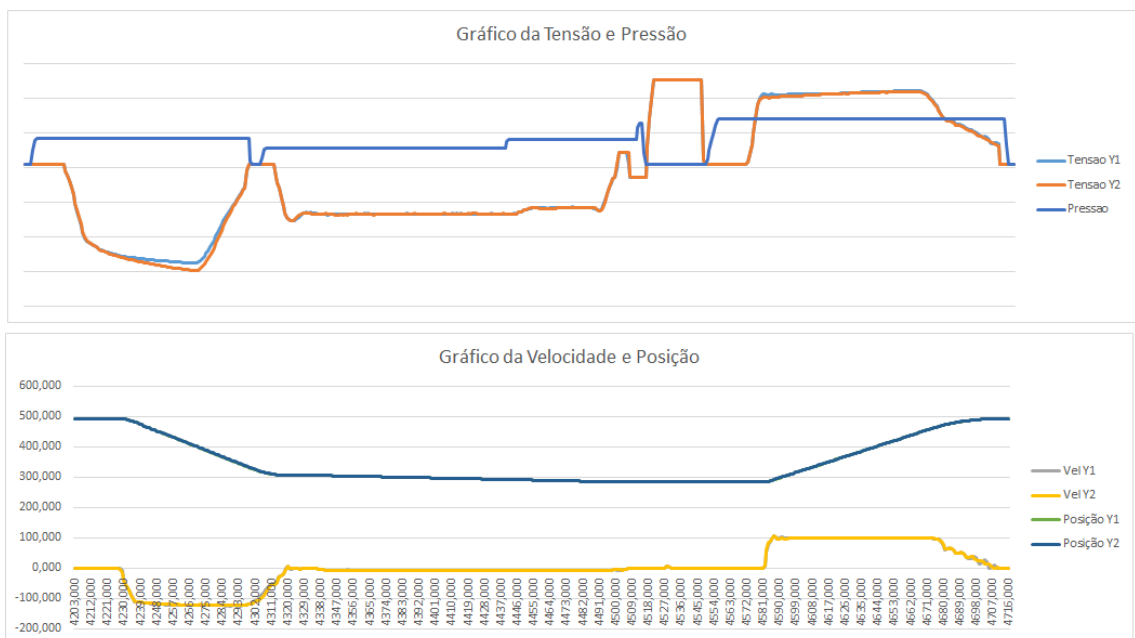


Figura A.11: Gráfico de Tensão e Pressão e Gráficos de Velocidade e Posição do ensaio 5 Ciclo 3

### A.5.4 Ciclo 4

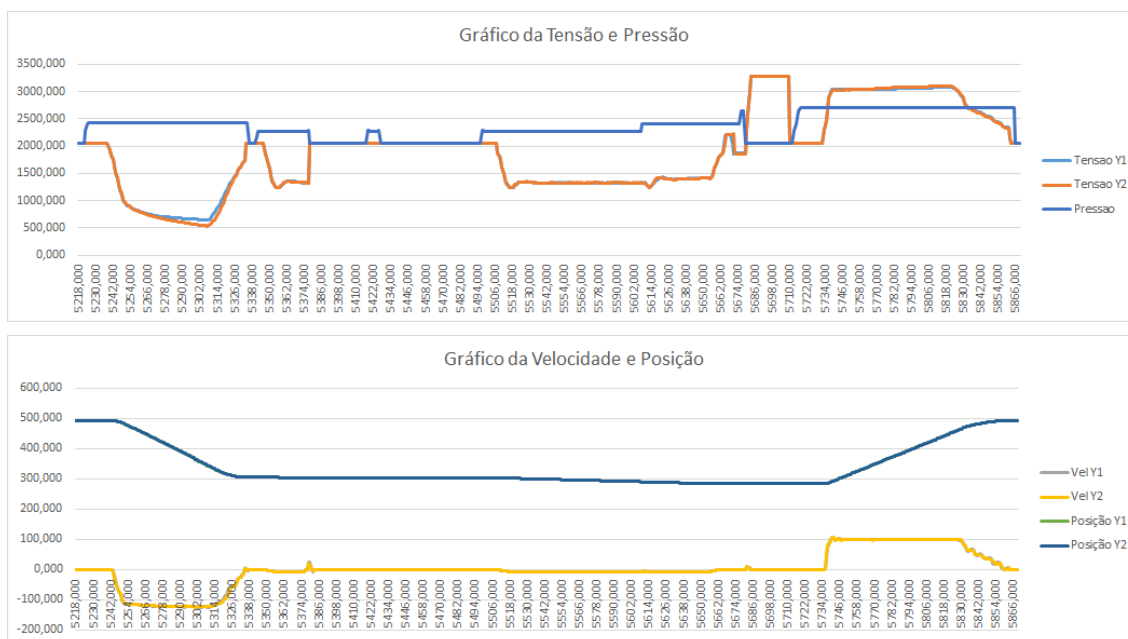


Figura A.12: Gráfico de Tensão e Pressão e Gráficos de Velocidade e Posição do ensaio 5 Ciclo 4

### A.5.5 Ciclo 5

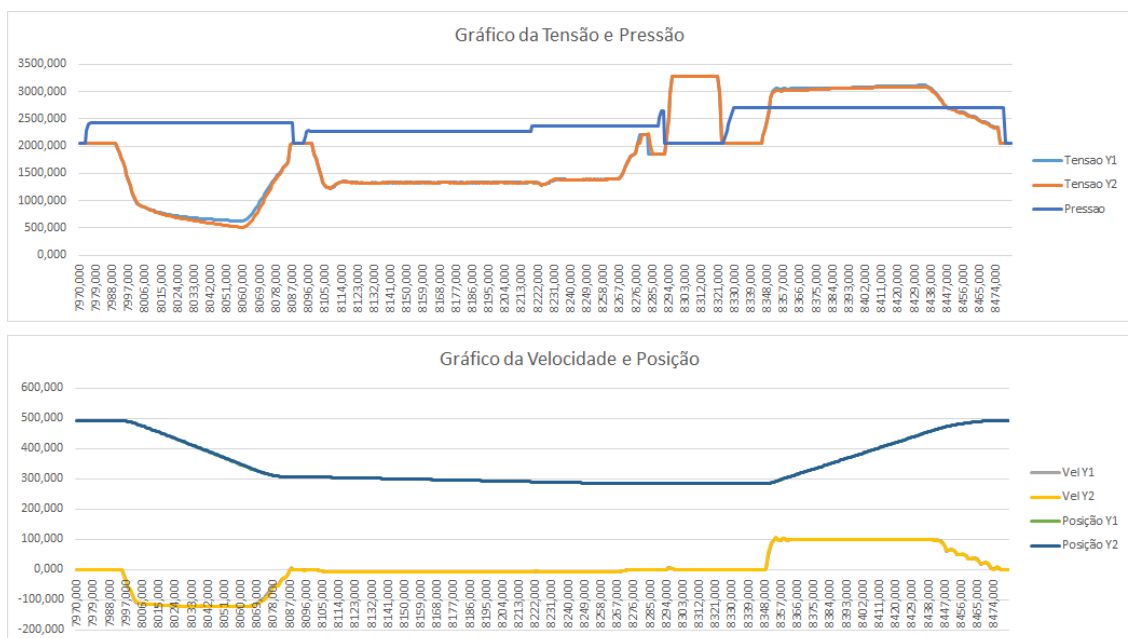


Figura A.13: Gráfico de Tensão e Pressão e Gráficos de Velocidade e Posição do ensaio 5 Ciclo 5

## A.5.6 Ciclo 6

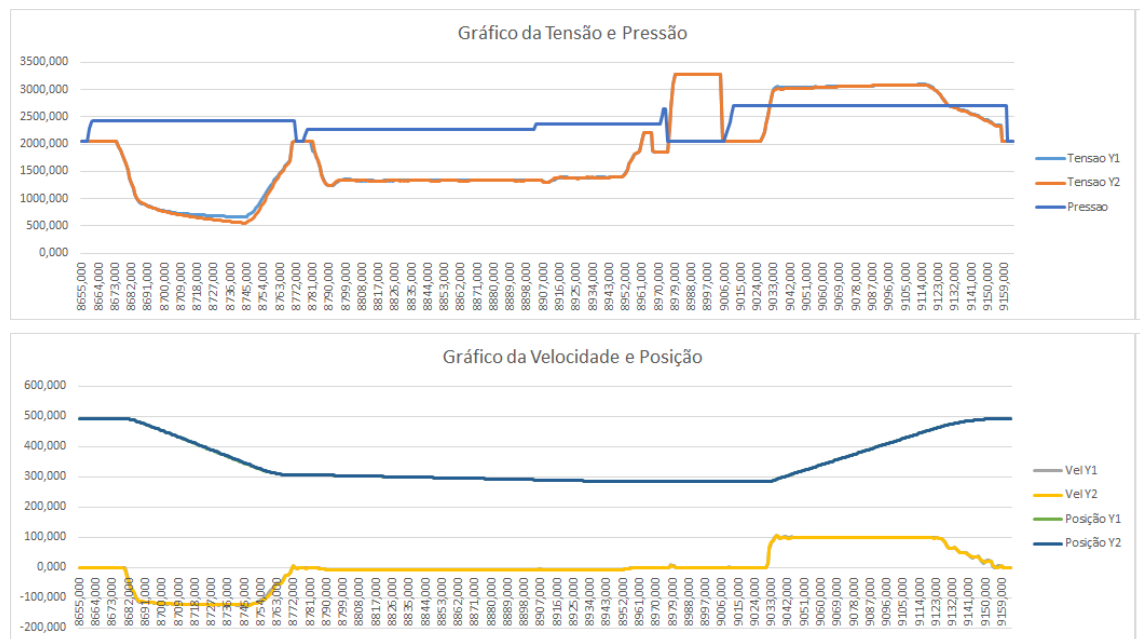


Figura A.14: Gráfico de Tensão e Pressão e Gráficos de Velocidade e Posição do ensaio 5 Ciclo 6

## A.6 Ensaio 6

Tabela A.6: Tabela de Informação do Sexto Ensaio

<b>Modelo:</b>	PM13530
<b>Nº Série:</b>	M00000222
<b>Controlador:</b>	Adcontrol 10
<b>Situação:</b>	-Ensaio em vazio -Com Limitação de UDC
<b>Tempo de Ciclo em Vazio(s) :</b>	9.5

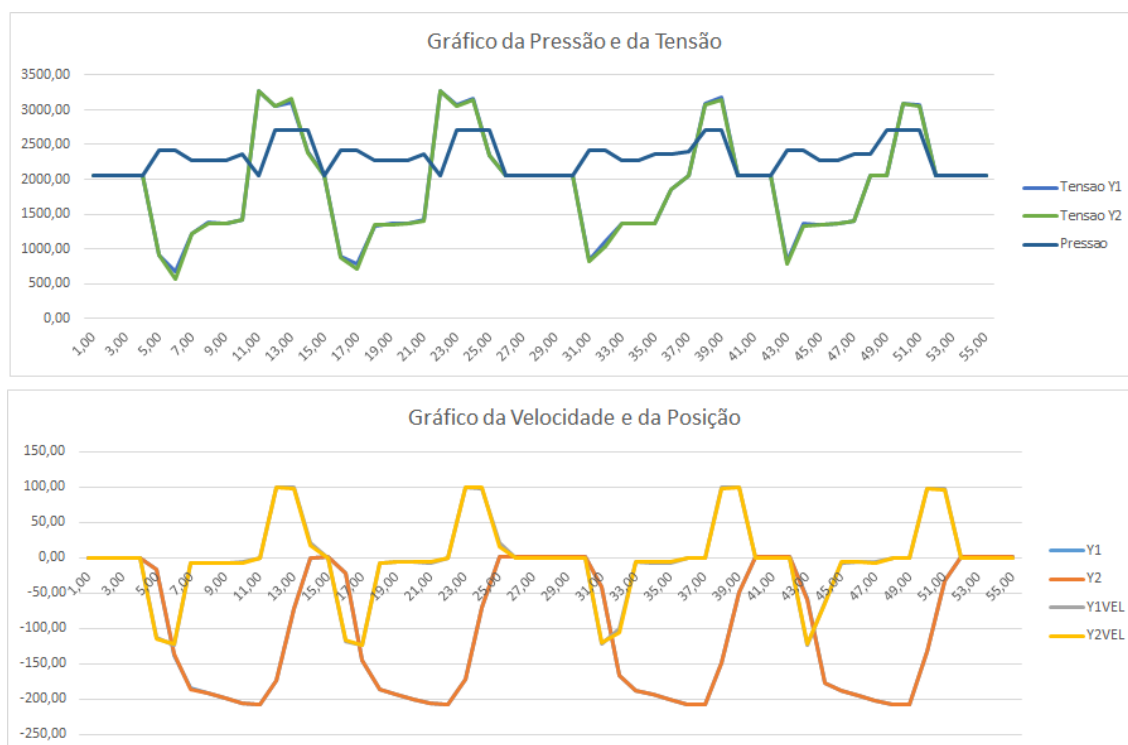


Figura A.15: Gráfico de Tensão e Pressão e Gráfico de Velocidade e Posição do ensaio 6

## A.7 Ensaio 7

Tabela A.7: Tabela de Informação do Sétimo Ensaio

<b>Modelo:</b>	PM13530
<b>Nº Série:</b>	M00000222
<b>Controlador:</b>	Adcontrol 10
<b>Situação:</b>	-Ensaio em vazio -Com Limitação de UDC
<b>Tempo de Ciclo em Vazio(s) :</b>	9.67

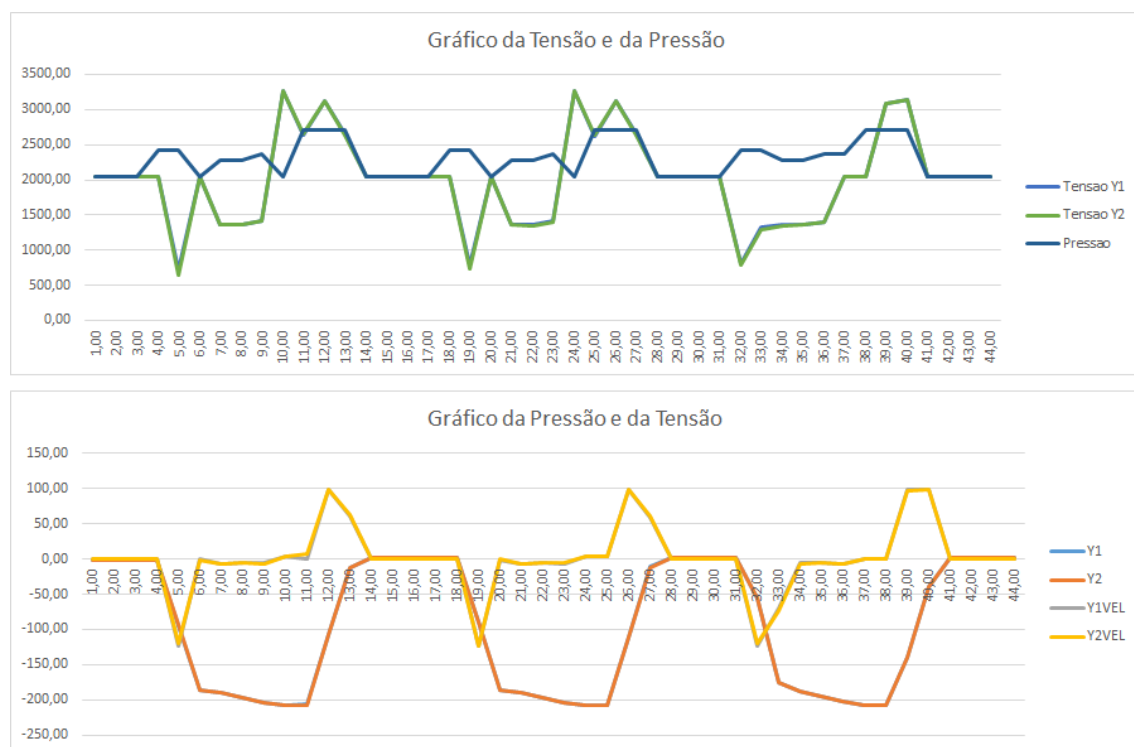


Figura A.16: Gráfico de Tensão e Pressão e Gráfico de Velocidade e Posição do ensaio 7

## A.8 Ensaio 8

Tabela A.8: Tabela de Informação do Oitavo Ensaio

<b>Modelo:</b>	PM13530
<b>Nº Série:</b>	M00000222
<b>Controlador:</b>	Adcontrol 10
<b>Situação:</b>	-Ensaio em vazio -Com Limitação de UDC
<b>Tempo de Ciclo em Vazio(s) :</b>	n/d

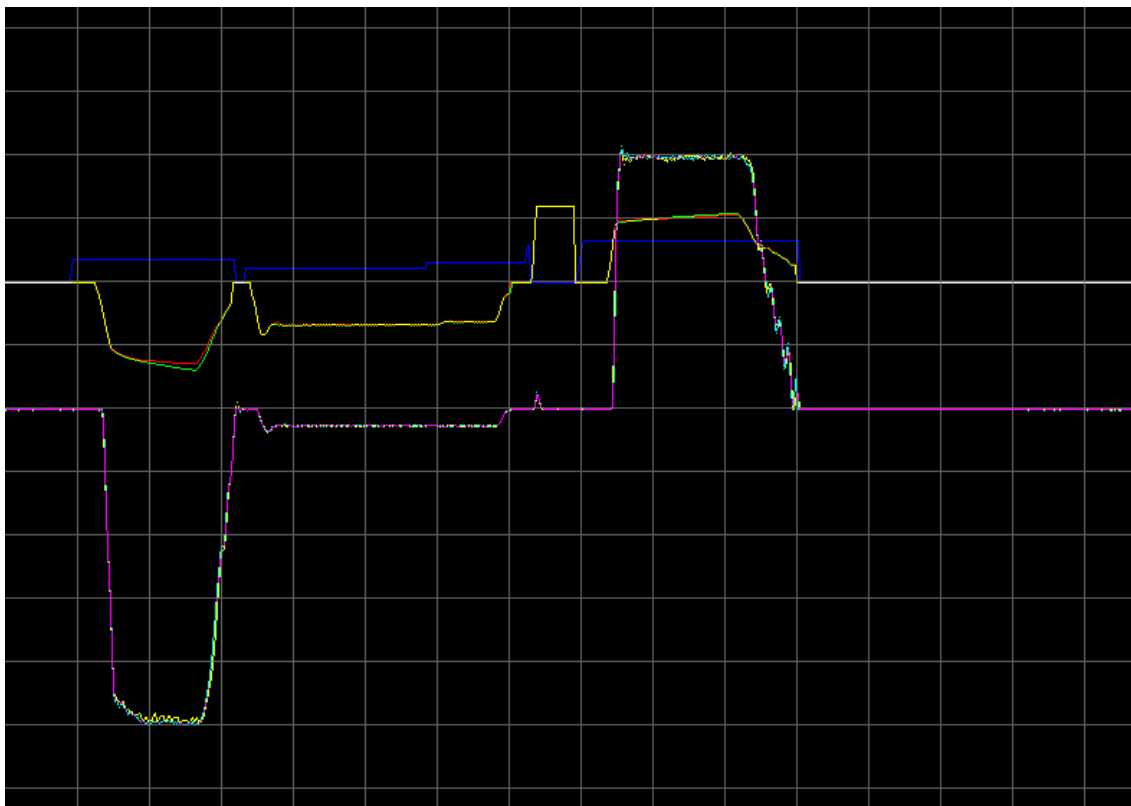


Figura A.17: Gráfico de aquisição do ensaio 8

## A.9 Ensaio 9

Tabela A.9: Tabela de Informação do Nono Ensaio

<b>Modelo:</b>	PM13530
<b>Nº Série:</b>	M00000222
<b>Controlador:</b>	Adcontrol 10
<b>Situação:</b>	-Ensaio em vazio -Com Limitação de UDC
<b>Tempo de Ciclo em Vazio(s) :</b>	9.5

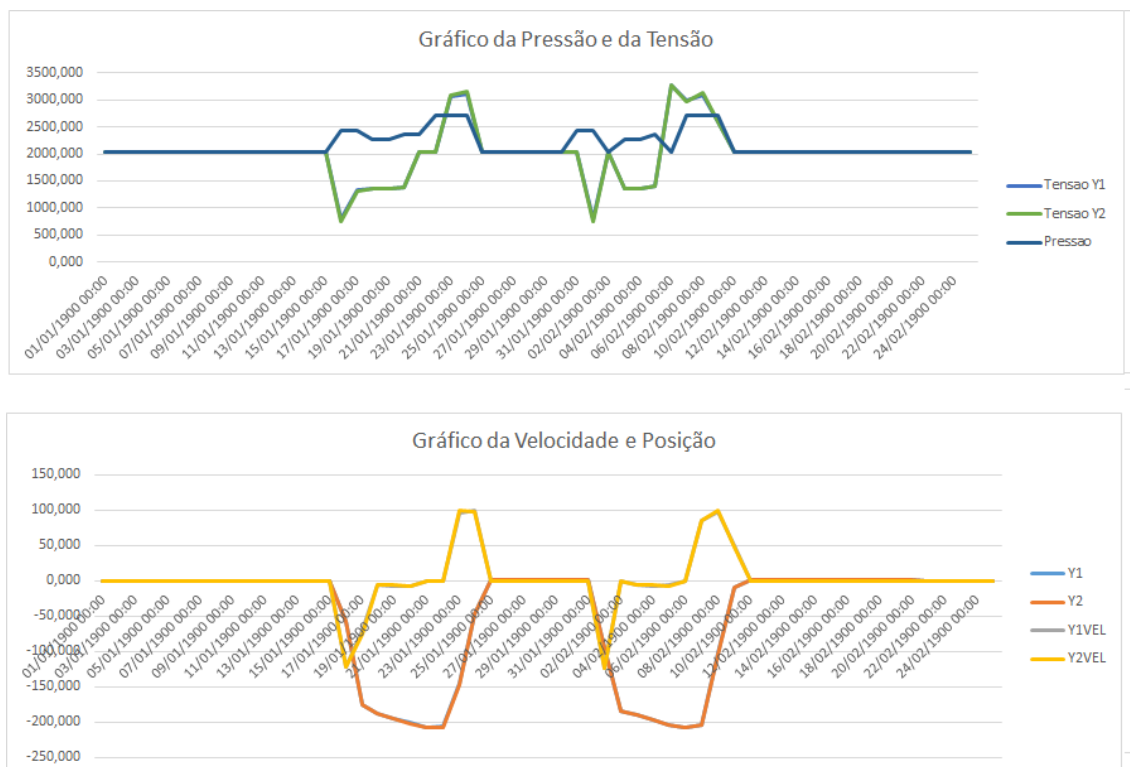


Figura A.18: Gráfico de Tensão e Pressão e Gráfico de Velocidade e Posição do ensaio 9

## A.10 Ensaio 10

Tabela A.10: Tabela de Informação do Décimo Ensaio

<b>Modelo:</b>	PM13530
<b>Nº Série:</b>	M00000222
<b>Controlador:</b>	Adcontrol 10
<b>Situação:</b>	-Ensaio em vazio -Com Limitação de UDC -3 ciclos
<b>Tempo de Ciclo em Vazio(s) :</b>	7.84

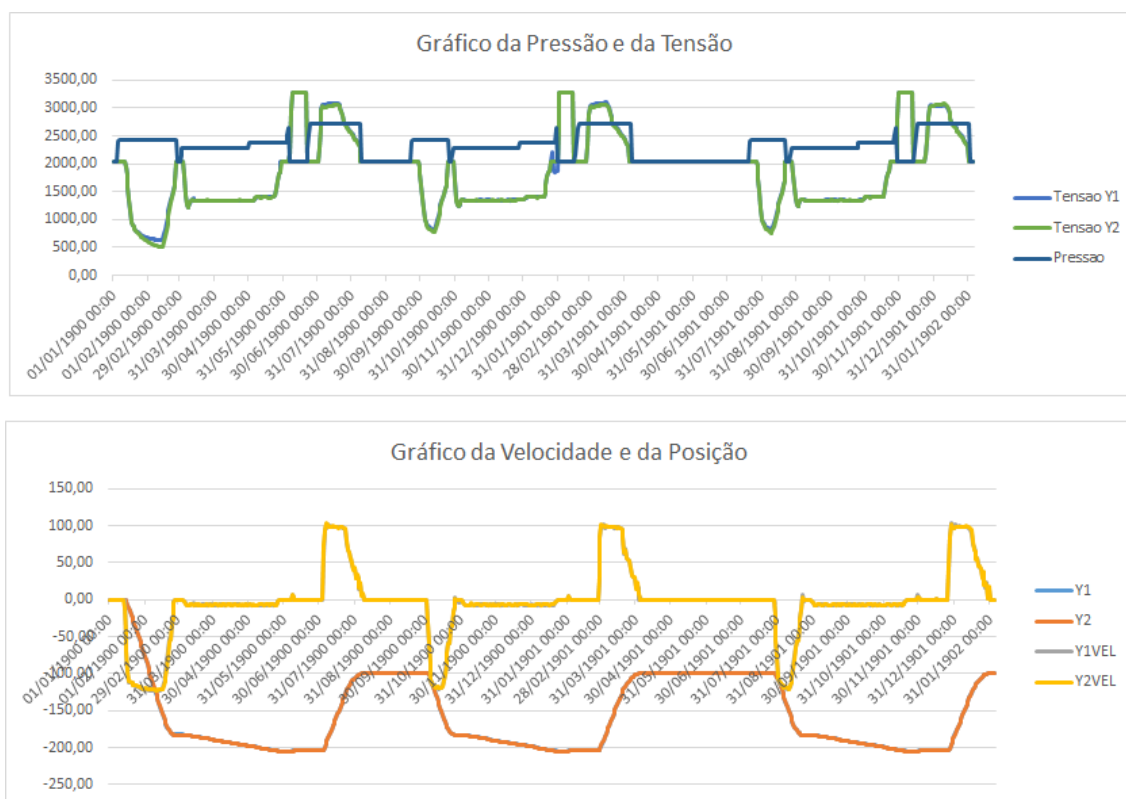


Figura A.19: Gráfico de Tensão e Pressão e Gráfico de Velocidade e Posição do ensaio 10



A.11 Ensaio 11

Tabela A.11: Tabela de Informação do Décimo Primeiro Ensaio

Modelo:	PM13530
Nº Série:	M00000222
Controlador:	Adcontrol 10
Situação:	-Ensaio em vazio -Com Limitação de UDC -2 ciclos
Tempo de Ciclo em Vazio(s) :	7.92

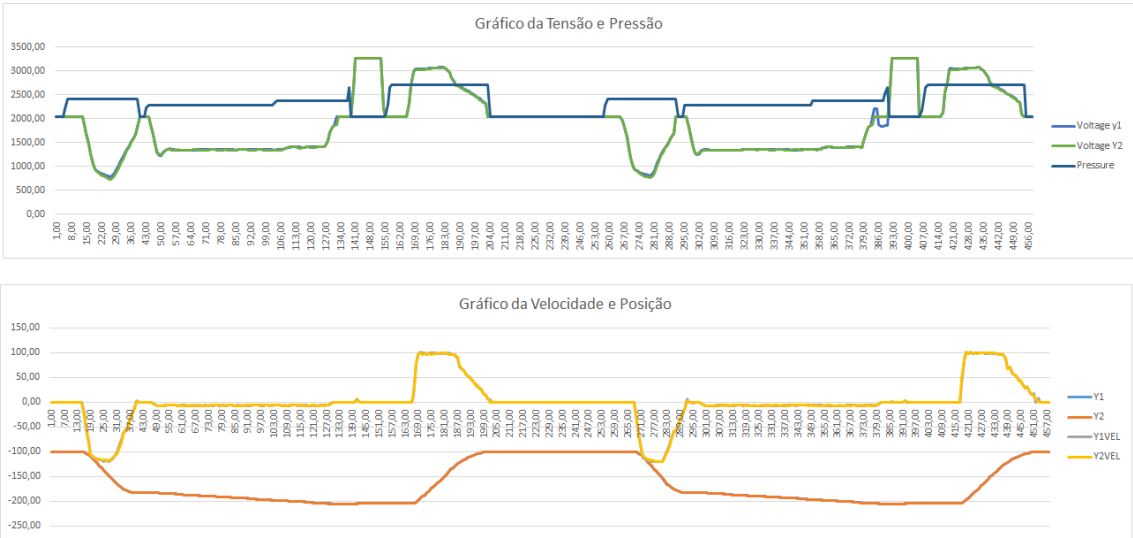


Figura A.20: Gráfico de Tensão e Pressão e Gráfico de Velocidade e Posição do ensaio 11

A.12 Ensaio 12

Tabela A.12: Tabela de Informação do Décimo Segundo Ensaio

Modelo:	PM13530
Nº Série:	M00000222
Controlador:	Adcontrol 10
Situação:	-Ensaio em vazio -Sem Limitação de UDC -Modo Manual -Posição de Referencia Alterada
Tempo de Ciclo em Vazio(s) :	n/d

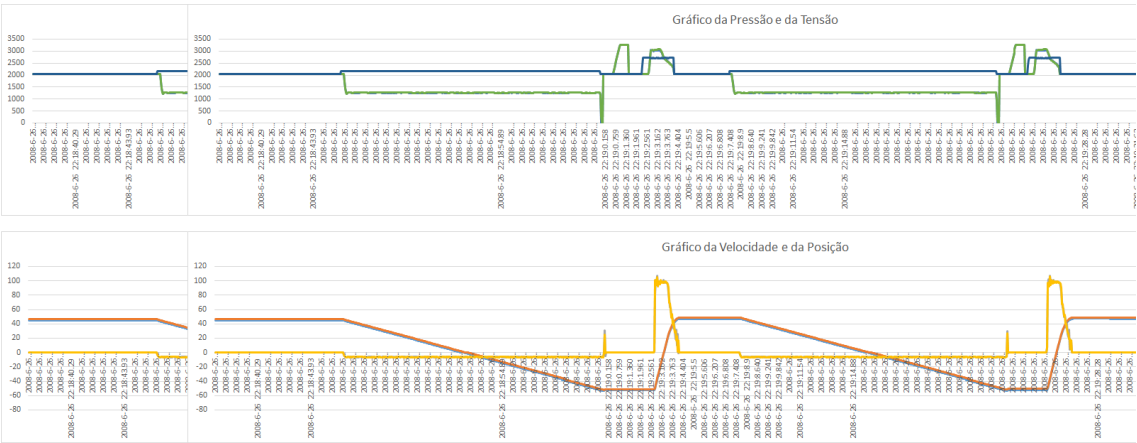


Figura A.21: Gráfico de Tensão e Pressão e Gráfico de Velocidade e Posição do ensaio 12

A.13 Ensaio 13

Tabela A.13: Tabela de Informação do Décimo Terceiro Ensaio

Modelo:	PM13530
Nº Série:	M00000222
Controlador:	Adcontrol 10
Situação:	-Ensaio em vazio -Sem Limitação de UDC -Modo Manual
Tempo de Ciclo em Vazio(s) :	n/d

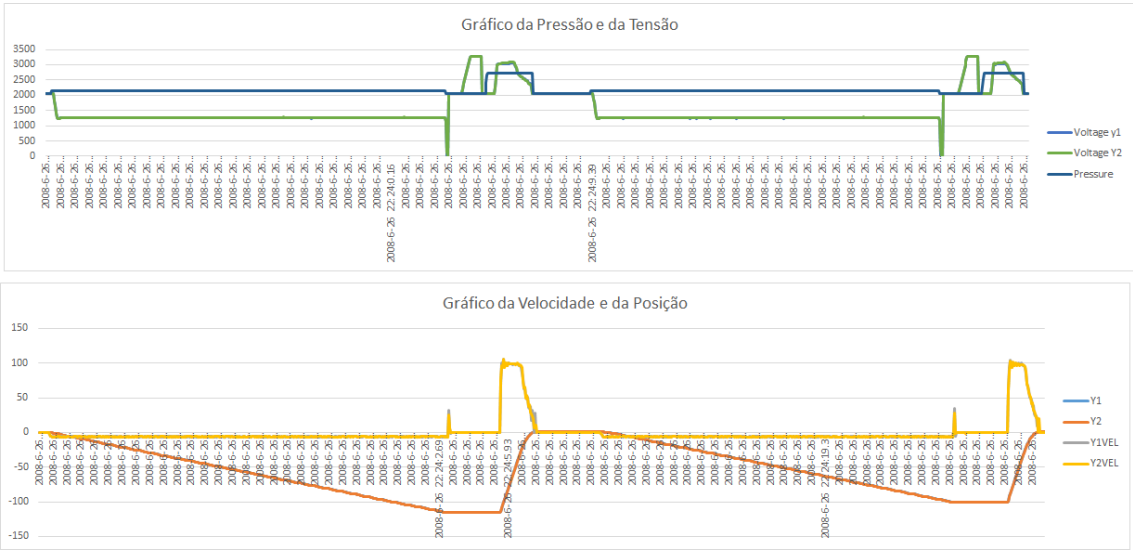


Figura A.22: Gráfico de Tensão e Pressão e Gráfico de Velocidade e Posição do ensaio 13

## A.14 Ensaio 14

Tabela A.14: Tabela de Informação do Décimo Quarto Ensaio

<b>Modelo:</b>	PM13530
<b>Nº Série:</b>	M00000222
<b>Controlador:</b>	Adcontrol 10
<b>Situação:</b>	-Ensaio em vazio -Sem Limitação de UDC -Modo Manual
<b>Tempo de Ciclo em Vazio(s) :</b>	n/d

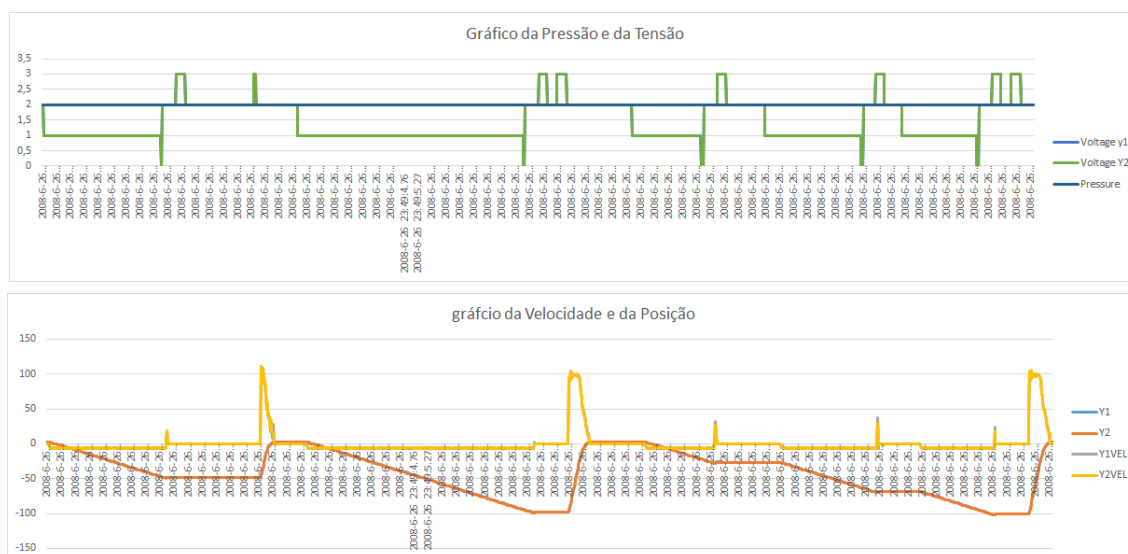


Figura A.23: Gráfico de Tensão e Pressão e Gráfico de Velocidade e Posição do ensaio 14

## A.15 Ensaio 15

Tabela A.15: Tabela de Informação do Décimo Quinto Ensaio

<b>Modelo:</b>	PM13530
<b>Nº Série:</b>	M00000222
<b>Controlador:</b>	Adcontrol 10
<b>Situação:</b>	-Ensaio em vazio -Sem Limitação de UDC -Modo Manual
<b>Tempo de Ciclo em Vazio(s) :</b>	n/d

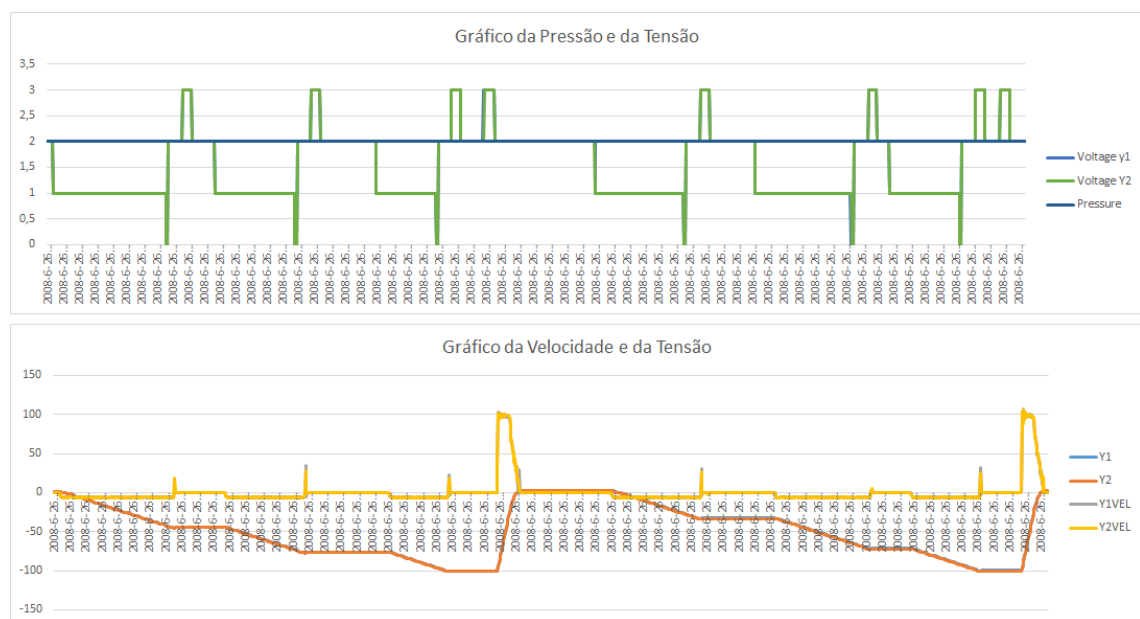


Figura A.24: Gráfico de Tensão e Pressão e Gráfico de Velocidade e Posição do ensaio 15

## A.16 Ensaio 16

Tabela A.16: Tabela de Informação do Décimo Sexto Ensaio

<b>Modelo:</b>	PM13530
<b>Nº Série:</b>	M00000222
<b>Controlador:</b>	Adcontrol 10
<b>Situação:</b>	-Ensaio em vazio -Sem Limitação de UDC -Modo Manual
<b>Tempo de Ciclo em Vazio(s) :</b>	n/d

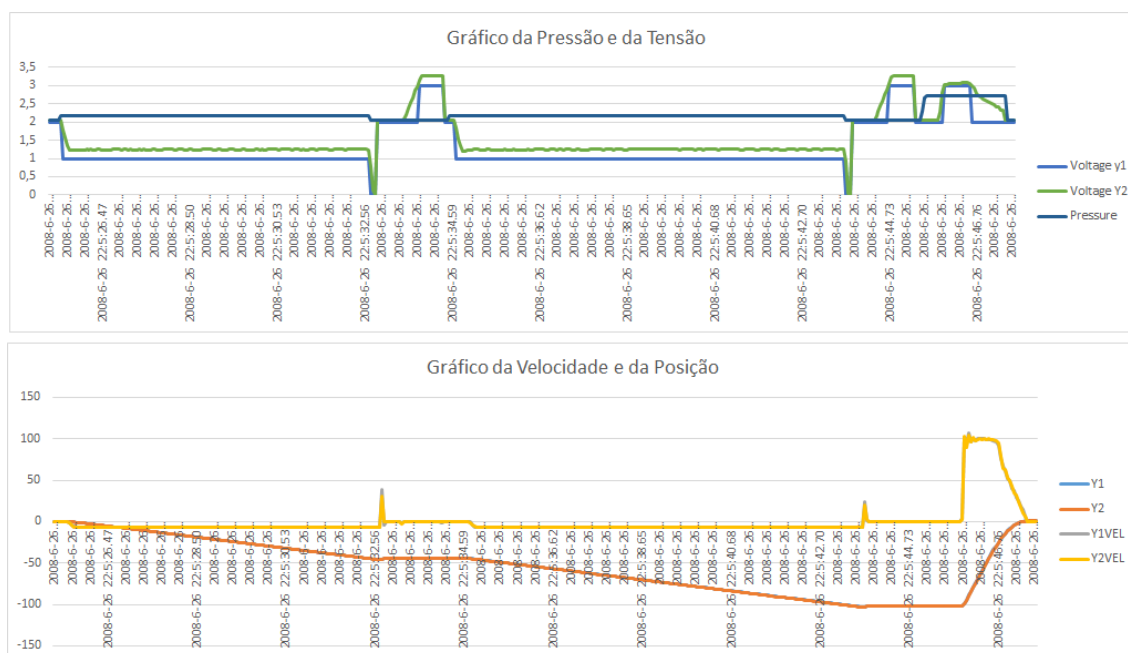


Figura A.25: Gráfico de Tensão e Pressão e Gráfico de Velocidade e Posição do ensaio 16

## A.17 Ensaio 17

Tabela A.17: Tabela de Informação do Décimo Sétimo Ensaio

<b>Modelo:</b>	PM13530
<b>Nº Série:</b>	M00000222
<b>Controlador:</b>	Adcontrol 10
<b>Situação:</b>	-Ensaio em vazio -Sem Limitação de UDC -Modo Manual
<b>Tempo de Ciclo em Vazio(s) :</b>	8.57

### A.17.1 Ciclo 1

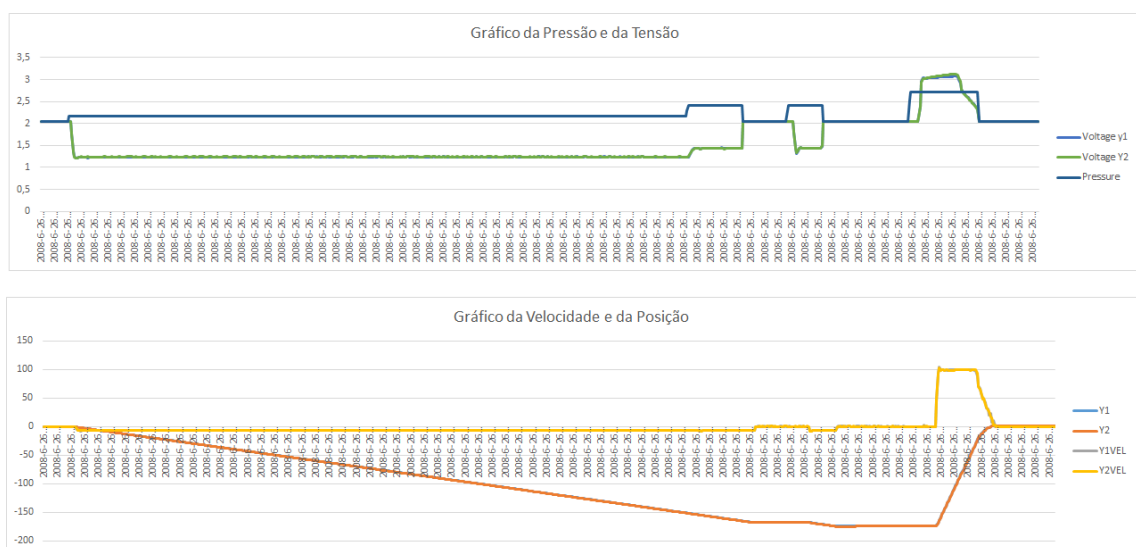


Figura A.26: Gráfico de Tensão e Pressão e Gráfico de Velocidade e Posição do ensaio 17 Ciclo 1

### A.17.2 Ciclo 2

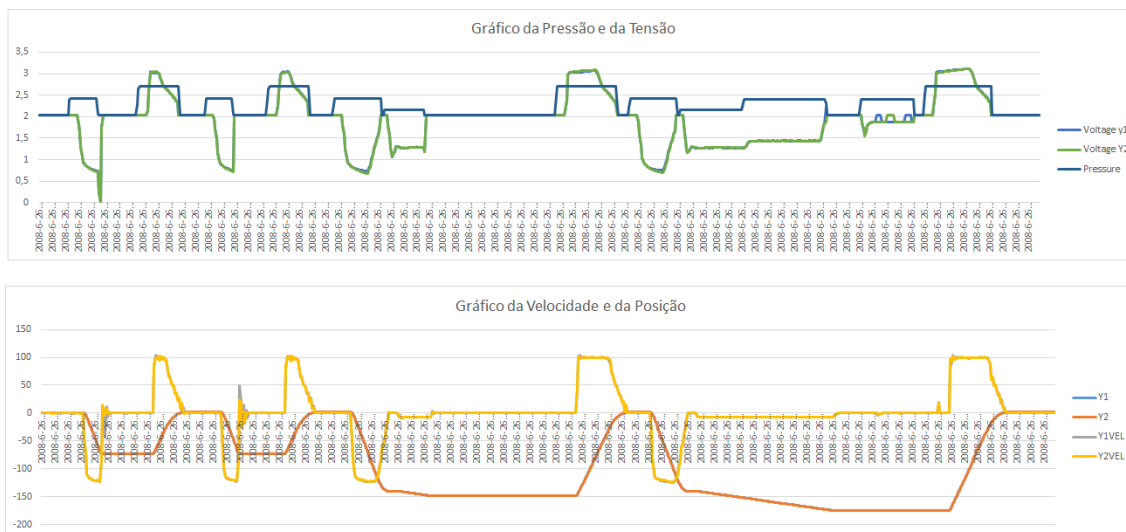


Figura A.27: Gráfico de Tensão e Pressão e Gráfico de Velocidade e Posição do ensaio 17 Ciclo 2

### A.17.3 Ciclo 3

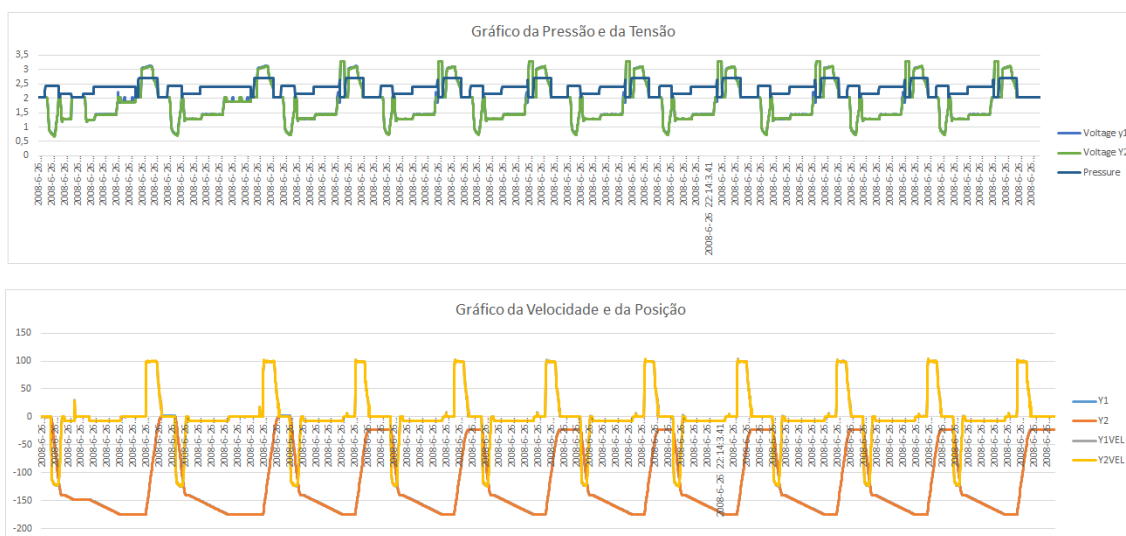


Figura A.28: Gráfico de Tensão e Pressão e Gráfico de Velocidade e Posição do ensaio 17 ciclo 3



## A.18 Ensaio 18

Tabela A.18: Tabela de Informação do Décimo Oitavo Ensaio

<b>Modelo:</b>	PM13530
<b>Nº Série:</b>	M00000265
<b>Controlador:</b>	Cybelec DNC880S
<b>Situação:</b>	-Ensaio em vazio - 3 Ciclos Com Limitação de UDC - 2 Ciclos Sem Limitação de UDC
<b>Tempo de Ciclo em Vazio(s) :</b>	7.6

### A.18.1 Ciclo 1

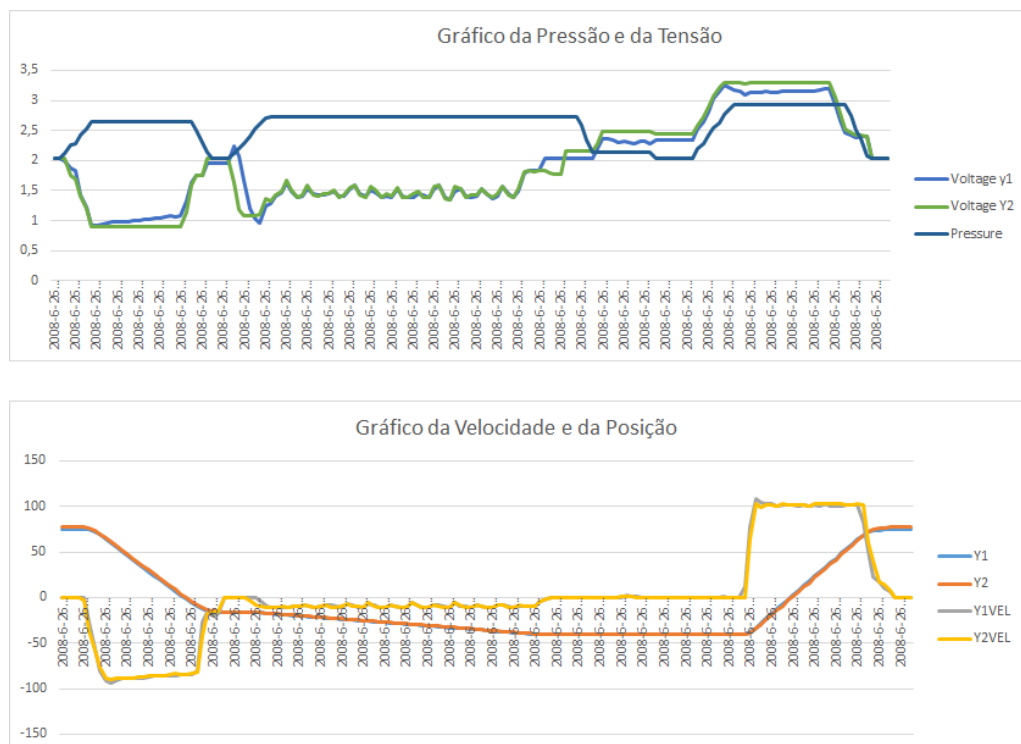


Figura A.29: Gráfico de Tensão e Pressão e Gráfico de Velocidade e Posição do ensaio 18 Ciclo 1

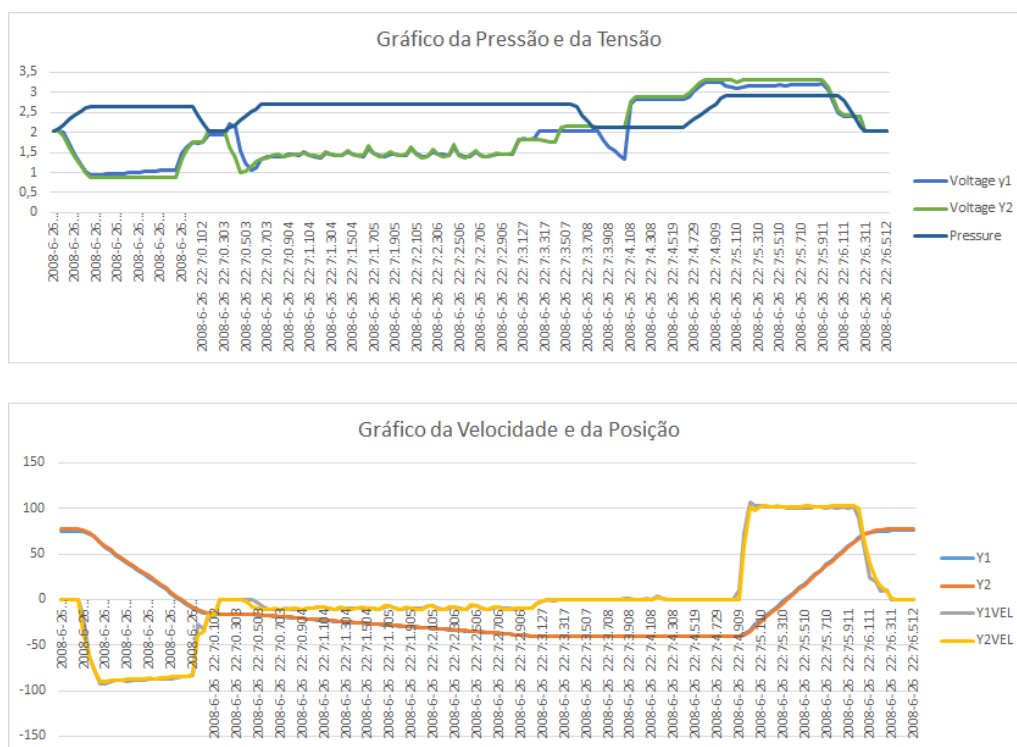


Figura A.30: Gráfico de Tensão e Pressão e Gráfico de Velocidade e Posição do ensaio 18 Ciclo 1

### A.18.2 Ciclo 2

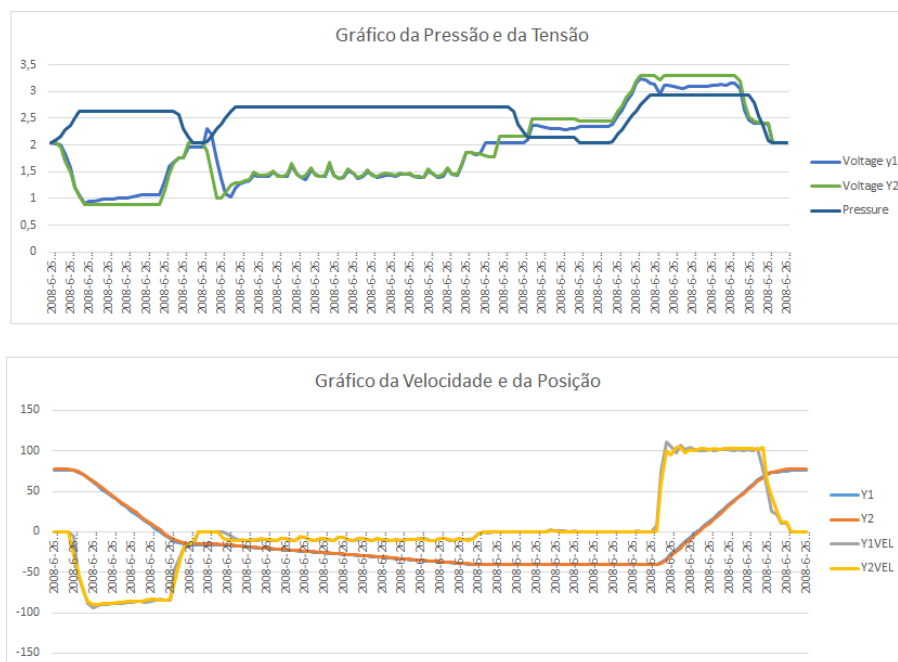


Figura A.31: Gráfico de Tensão e Pressão e Gráfico de Velocidade e Posição do ensaio 18 Ciclo 2

## A.18.3 Ciclo 3

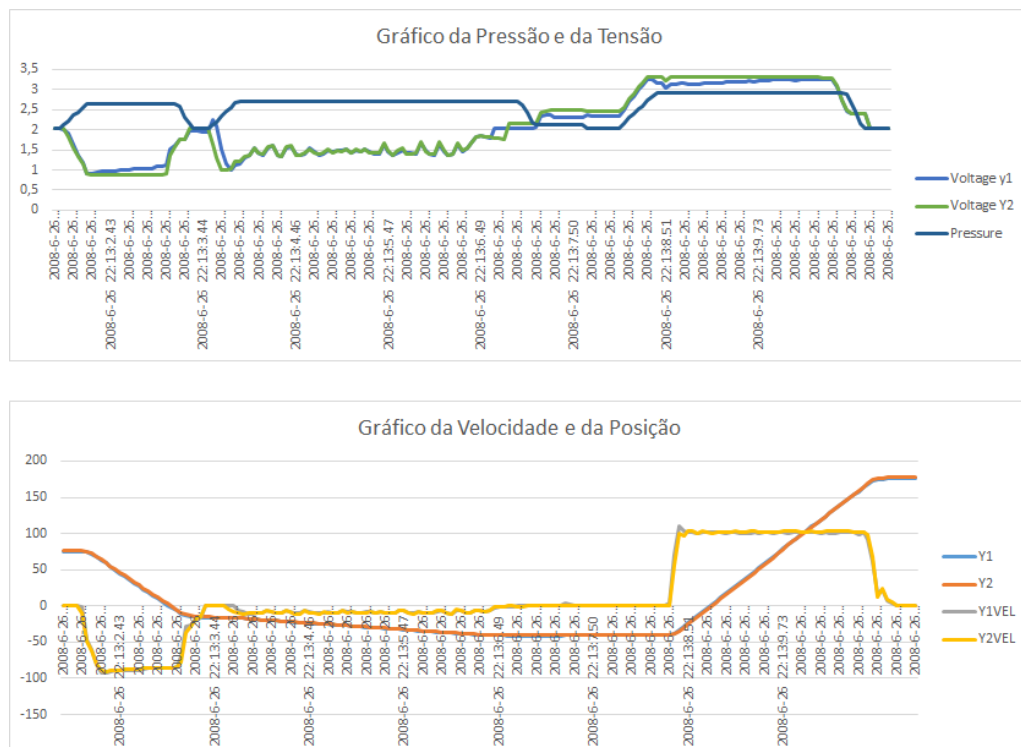


Figura A.32: Gráfico de Tensão e Pressão e Gráfico de Velocidade e Posição do ensaio 18 ciclo 3

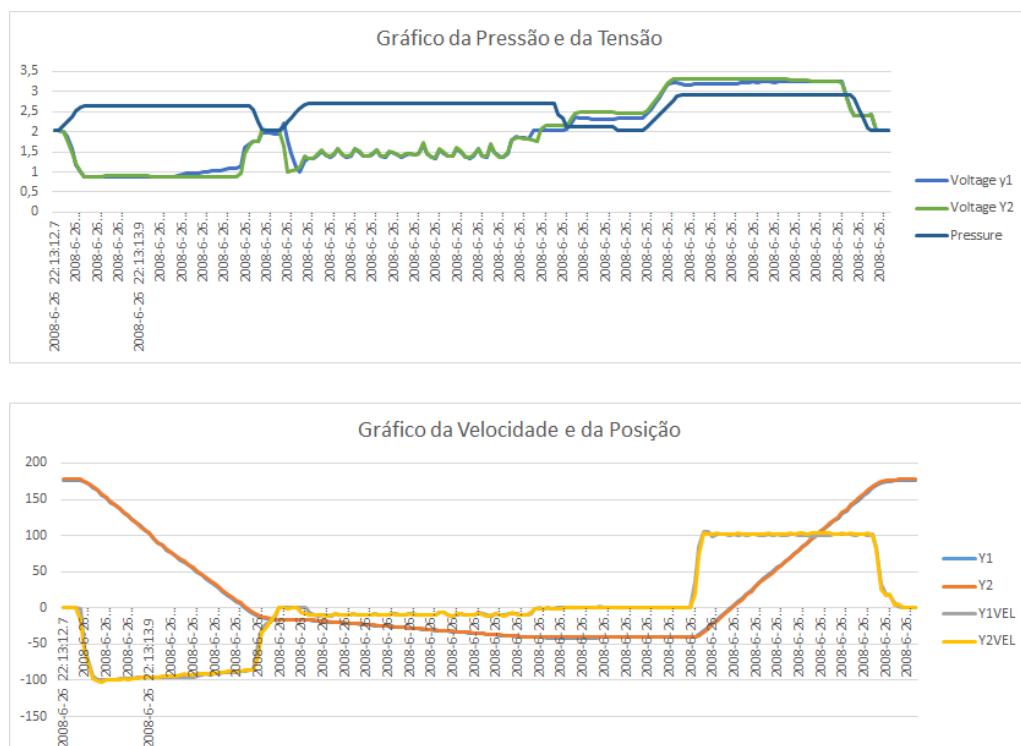


Figura A.33: Gráfico de Tensão e Pressão e Gráfico de Velocidade e Posição do ensaio 18 ciclo 3

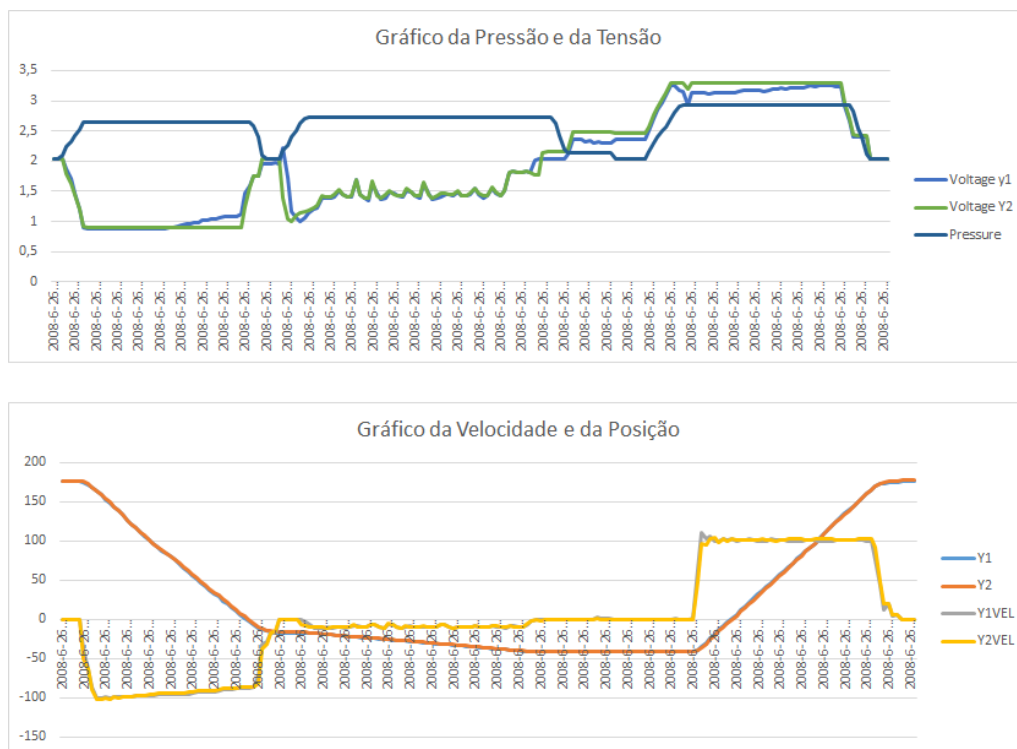


Figura A.34: Gráfico de Tensão e Pressão e Gráfico de Velocidade e Posição do ensaio 18 ciclo 3

## A.19 Ensaio 19

Tabela A.19: Tabela de Informação do Décimo Nono Ensaio

<b>Modelo</b>	<b>PM13530</b>
<b>Nº Série:</b>	M00000309
<b>Controlador:</b>	Adcontrol10
<b>Situação:</b>	-Ensaio em vazio - 5 Ciclos Com Limitação de UDC
<b>Tempo de Ciclo em Vazio(s) :</b>	7.33

### A.19.1 Ciclo 1

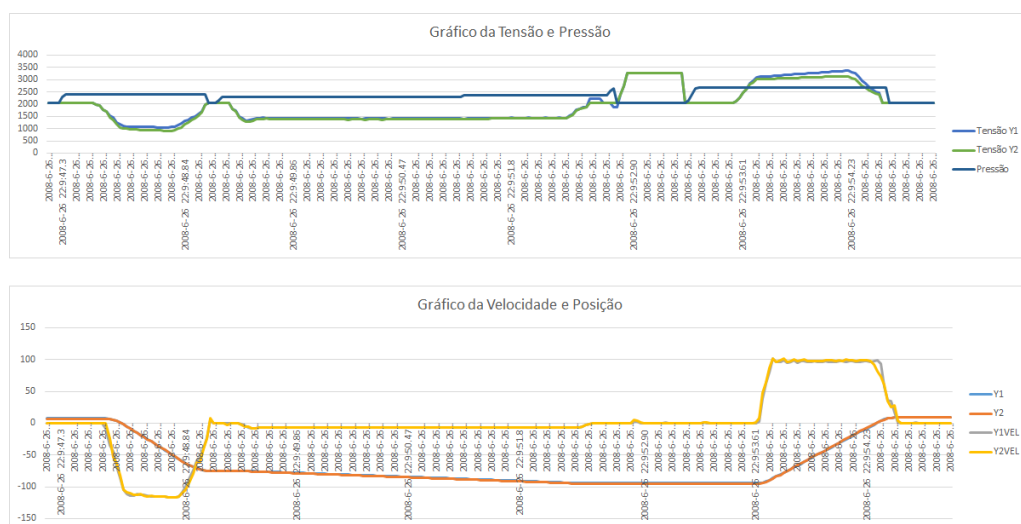


Figura A.35: Gráfico de Tensão e Pressão e Gráfico de Velocidade e Posição do ensaio 19 ciclo 1

### A.19.2 Ciclo 2

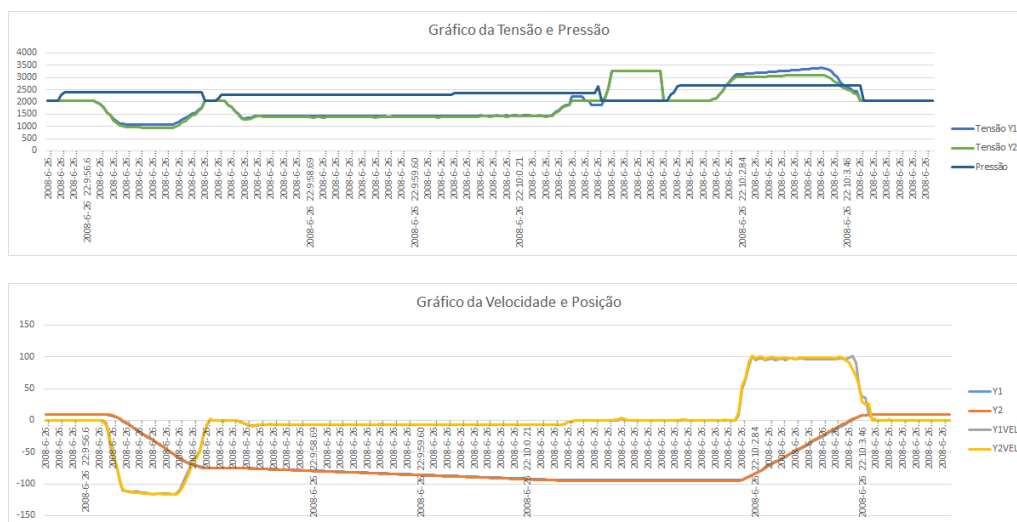


Figura A.36: Gráfico de Tensão e Pressão e Gráfico de Velocidade e Posição do ensaio 19 ciclo 2

### A.19.3 Ciclo 3

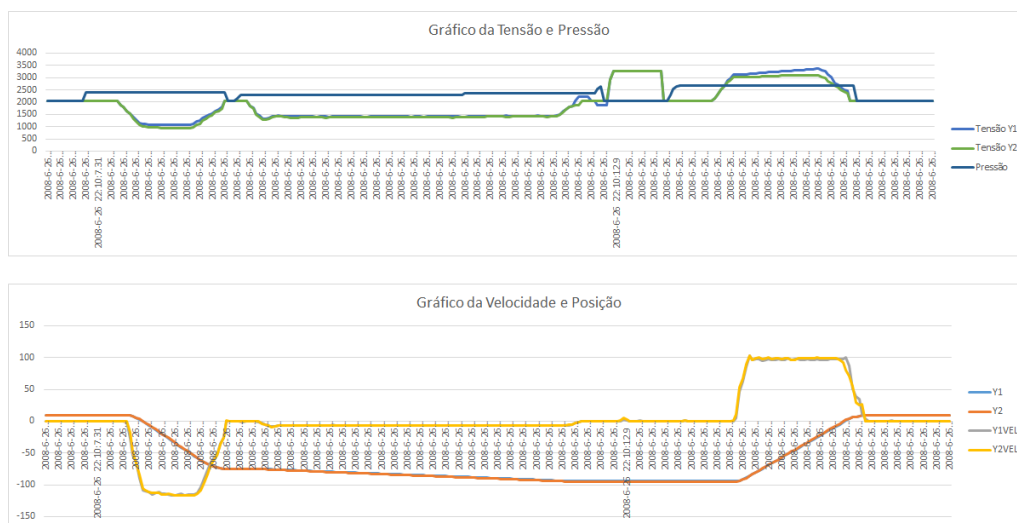


Figura A.37: Gráfico de Tensão e Pressão e Gráfico de Velocidade e Posição do ensaio 19 ciclo 3

## A.19.4 Ciclo 4

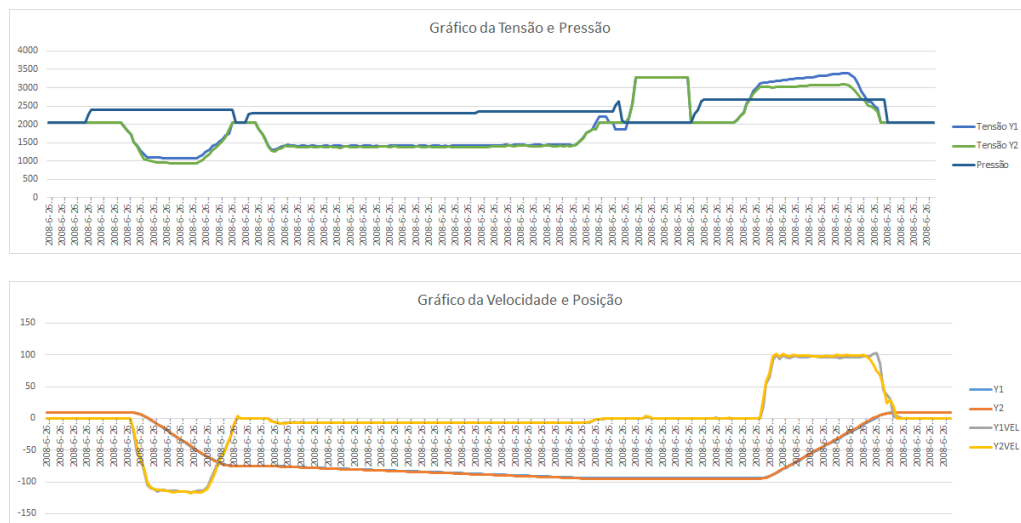


Figura A.38: Gráfico de Tensão e Pressão e Gráfico de Velocidade e Posição do ensaio 19 ciclo 4

## A.19.5 Ciclo 5

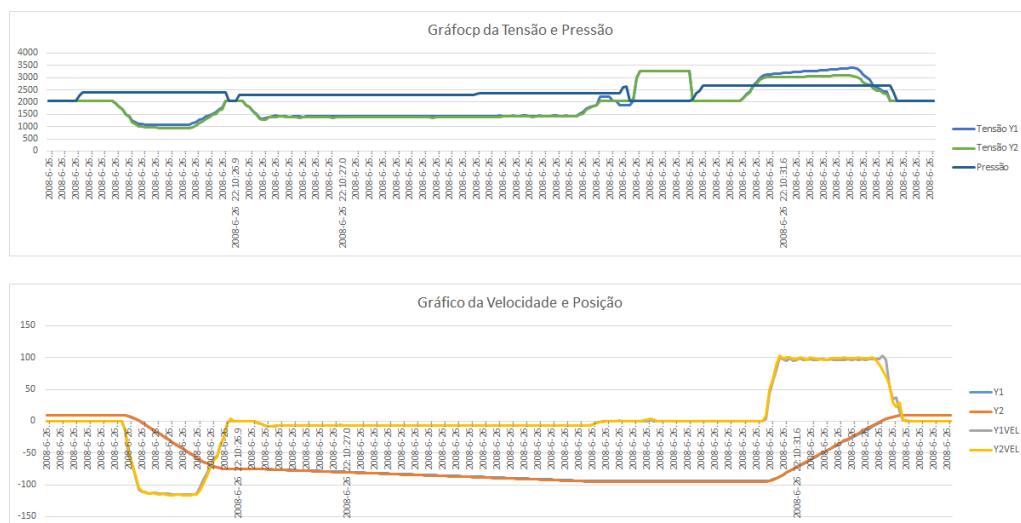


Figura A.39: Gráfico de Tensão e Pressão e Gráfico de Velocidade e Posição do ensaio 19 ciclo 5





## **Anexo B**

# **Tabelas de Comparação**

As tabelas de comparação apresentam os dados referentes aos valores do CNC. Estas tabelas abrangem dois tipos de comandos diferentes Adcontrol e Cybelec. Estas tabelas servem em alguns pontos, durante a análise do ciclo de quinagem, para comparação de valores. Por outro lado permitem estipular valores para o software de análise.

## B.1 Comando Adcontrol

### B.1.1 Modelo PM13530

Tabela B.1: Tabela dos Parametros do Comando Adcontrol do Modelo PM13530

Código	M00000064	M00000001	M00000026	M00000030	M00000031	M00000055	M00000057	M00000059	M00000079	M00000081
Máquina	PM13530	PM13530-PLS	PM13530-PLS	PM13530-PLS	PM13530-PLS	PM13530-PLS	PM13530-PLS	PM13530-PLS	PM13530-PLS	PM13530-PLS
Versão	8.3.1	15.2	8.3.1	15.2	8.3.1	8.3.1	8.3.1	8.3.1	15.2	15.2
Controlador	ADCONTROL10	ADCONTROL15	ADCONTROL10	ADCONTROL15	ADCONTROL10	ADCONTROL10	ADCONTROL10	ADCONTROL10	ADCONTROL15	ADCONTROL15
<b>Ram axis</b>										
<b>GENERAL parameters</b>										
Minimum position	245.000000	240.000000	240.000000	245.000000	245.000000	245.000000	245.000000	245.000000	240.000000	245.000000
Maximum position	495.000000	495.000000	490.000000	495.000000	495.000000	495.000000	495.000000	500.000000	495.000000	500.000000
Y1 Reference position	498.100000	485.920000	484.570000	477.090000	482.470000	480.500000	482.320000	475.320000	482.400000	496.200000
Y2 Reference position	498.100000	485.860000	484.500000	477.090000	482.540000	480.500000	482.320000	475.380000	482.400000	496.200000
Position tolerance	0.020000	0.020000	0.020000	0.020000	0.020000	0.020000	0.020000	0.020000	0.020000	0.020000
Unbalance correction	30.000000	30.000000	30.000000	30.000000	30.000000	30.000000	30.000000	30.000000	30.000000	30.000000
Maximum unbalance	20.000000	30.000000	20.000000	15.000000	20.000000	15.000000	15.000000	15.000000	20.000000	20.000000
Conversion factor	50.000000	50.000000	50.000000	50.000000	50.000000	50.000000	50.000000	50.000000	50.000000	50.000000
Bend. time	0.300000	0.300000	0.300000	0.300000	0.300000	0.300000	0.300000	0.300000	0.300000	0.300000
Striking time	0.100000	0.000000	0.100000	0.000000	0.100000	0.100000	0.100000	0.100000	0.100000	0.100000
<b>PRESSURE Parameters</b>										
Ramp	0.300000	0.100000	0.300000	0.100000	0.300000	0.300000	0.300000	0.300000	0.300000	0.300000
0% Voltage	1.800000	1.500000	1.800000	1.500000	1.800000	1.200000	1.500000	1.800000	2.500000	2.000000
25% Voltage	3.000000	3.000000	3.000000	3.000000	3.000000	2.500000	3.500000	3.000000	3.500000	3.600000
50% Voltage	4.000000	5.000000	5.000000	5.200000	5.200000	5.000000	6.000000	5.500000	5.500000	5.500000
75% Voltage	5.000000	7.000000	7.500000	7.500000	7.000000	6.000000	8.200000	8.000000	7.500000	7.500000
F.S. (A)	7.000000	0.500000	0.500000	0.550000	0.600000	0.650000	0.500000	0.450000	0.500000	9.500000
<b>CROWNING Parameters</b>										
Ramp	0.100000	0.200000	0.100000	0.200000	0.100000	0.100000	0.100000	0.100000	0.200000	0.200000
0% Voltage	0.000000	0.900000	0.000000	0.800000	1.900000	2.000000	0.000000	0.000000	0.000000	0.300000
25% Voltage	1.500000	1.600000	0.000000	2.500000	2.500000	2.000000	1.000000	0.000000	0.000000	1.600000
50% Voltage	3.000000	3.000000	0.000000	3.500000	3.800000	3.000000	2.000000	0.000000	0.000000	2.800000
75% Voltage	4.000000	6.000000	0.000000	4.500000	4.700000	4.000000	3.000000	0.000000	0.000000	3.800000
Crowning rate	22.000000	13.000000	22.000000	13.000000	22.000000	21.000000	21.000000	21.000000	13.000000	21.000000
F.S. (A)	7.000000	0.000000	0.700000	0.000000	0.700000	0.000000	0.000000	0.700000	0.000000	0.000000
<b>FAST DESCENT Parameters</b>										
Closed loop	1.000000	1.000000	1.000000	1.000000	1.000000	1.000000	1.000000	1.000000	1.000000	1.000000
Pressure	20.000000	10.000000	20.000000	10.000000	20.000000	20.000000	20.000000	20.000000	20.000000	20.000000
Voltage ramp	0.200000	0.200000	0.200000	0.200000	0.200000	0.200000	0.200000	0.200000	0.200000	0.200000
Maximum voltage	6.500000	6.500000	6.000000	6.000000	6.500000	6.500000	6.000000	6.000000	6.500000	6.500000
Minimum voltage	1.000000	0.100000	1.000000	0.100000	1.000000	1.000000	1.000000	1.000000	1.000000	1.000000
Y1 Potentiometer	8.000000	7.000000	8.000000	8.000000	8.000000	10.000000	10.000000	8.000000	8.000000	8.000000
Y2 Potentiometer	8.000000	7.000000	8.000000	8.000000	8.000000	10.000000	10.000000	8.000000	8.000000	8.000000
Slow-down measure	0.000000	5.000000	0.000000	5.000000	0.000000	0.100000	0.100000	0.000000	0.000000	0.000000
Speed Change time	0.200000	0.200000	0.200000	0.200000	0.200000	0.300000	0.300000	0.200000	0.200000	0.200000
<b>WORK DESCENT Parameters</b>										
Manual pressure	20.000000	20.000000	20.000000	20.000000	20.000000	20.000000	20.000000	20.000000	20.000000	20.000000
Work speed	0.450000	0.450000	0.450000	0.600000	0.450000	0.450000	0.400000	0.450000	0.400000	0.400000
Acceleration time	0.200000	0.200000	0.200000	0.200000	0.200000	0.200000	0.200000	0.100000	0.200000	0.200000
Y1 Gain	80.000000	80.000000	80.000000	80.000000	100.000000	80.000000	120.000000	80.000000	80.000000	80.000000
Y2 Gain	80.000000	80.000000	80.000000	80.000000	100.000000	80.000000	120.000000	80.000000	80.000000	80.000000
Tolerance time	0.300000	0.300000	0.300000	0.300000	0.300000	0.300000	0.300000	0.300000	0.300000	0.300000
Y1 Negative insensitivity	1.000000	1.000000	0.600000	1.000000	1.000000	1.000000	0.500000	0.900000	1.000000	1.000000
Y1 Positive insensitivity	1.000000	1.000000	0.600000	1.000000	1.000000	1.000000	0.500000	0.900000	1.000000	1.000000
Y2 Negative insensitivity	1.000000	1.200000	1.800000	1.300000	2.500000	1.600000	1.500000	1.200000	1.000000	1.000000
Y2 Positive insensitivity	1.000000	1.000000	1.800000	1.300000	2.500000	1.600000	1.500000	1.200000	1.000000	1.000000
<b>DECOMPRESSION Parameters</b>										
Y1 Voltage	6.000000	5.000000	6.000000	6.000000	6.000000	6.000000	6.000000	6.000000	6.000000	6.000000
Y2 Voltage	6.000000	5.000000	6.000000	6.000000	6.000000	6.000000	6.000000	6.000000	6.000000	6.000000
Pressure step-down time	0.400000	0.500000	0.300000	0.500000	0.300000	0.300000	0.300000	0.300000	0.400000	0.400000
Decompression time	0.400000	0.800000	0.600000	0.800000	0.600000	0.600000	0.600000	0.600000	0.400000	0.400000
<b>FAST ASCENT Parameters</b>										
Pressure	45.000000	45.000000	45.000000	40.000000	40.000000	60.000000	60.000000	60.000000	45.000000	45.000000
Speed	4.000000	3.800000	4.000000	4.000000	4.000000	4.500000	4.500000	4.500000	4.000000	4.000000
Acceleration	0.300000	0.300000	0.300000	0.300000	0.300000	0.300000	0.300000	0.100000	0.300000	0.300000
Y1 Gain	8.000000	7.000000	8.000000	7.000000	8.000000	8.000000	8.000000	8.000000	8.000000	8.000000
Y2 Gain	8.000000	7.000000	8.000000	7.000000	8.000000	8.000000	8.000000	8.000000	8.000000	8.000000
Tolerance time	0.300000	0.100000	0.300000	0.100000	0.300000	0.300000	0.300000	0.200000	0.300000	0.300000
Initial wait	0.100000	0.000000	0.100000	0.000000	0.100000	0.100000	0.100000	0.100000	0.100000	0.100000
<b>SLOW ASCENT Parameters</b>										
Pressure	35.000000	35.000000	35.000000	40.000000	35.000000	30.000000	30.000000	30.000000	35.000000	35.000000
Reference speed	3.500000	3.000000	3.500000	4.000000	3.500000	3.500000	3.500000	3.500000	4.000000	4.000000
Acceleration	0.300000	0.300000	0.300000	0.300000	0.300000	0.100000	0.100000	0.100000	0.300000	0.300000
Y1 Gain	8.000000	5.000000	8.000000	5.000000	8.000000	8.000000	8.000000	8.000000	8.000000	8.000000
Y2 Gain	8.000000	5.000000	8.000000	5.000000	8.000000	8.000000	8.000000	8.000000	8.000000	8.000000
Tolerance time	0.100000	0.000000	0.100000	0.000000	0.100000	0.100000	0.100000	0.100000	0.100000	0.100000
Initial wait	3.500000	6.000000	3.500000	4.000000	3.500000	3.500000	3.500000	3.500000	3.500000	3.500000
Return speed	0.300000	0.100000	0.300000	0.100000	0.300000	0.300000	0.300000	0.300000	0.300000	0.300000
Following error	180.000000	600.000000	180.000000	600.000000	180.000000	250.000000	250.000000	180.000000	800.000000	800.000000

Tabela B.2: Tabela dos Parametros do Comando Adcontrol do Modelo PM13530

M00000090	M00000099	M00000143	M00000145	M00000154	M00000164	M00000165	M00000175	M00000196	M00000210
PM13530-PLS	PM13530-PLS	PM13530-PLS	PM13530-PLS	PM13530-PLS	PM13530-PLS	PM13530-PLS	PM13530-PLS	PM13530-PLS	PM13530-PLS
15.2	8.3.1	8.3.1	8.3.1	8.3.1	8.3.1	8.3.1	8.3.1	8.3.1	8.3.1
ADCONTROL15	ADCONTROL10	ADCONTROL10	ADCONTROL10	ADCONTROL10	ADCONTROL10	ADCONTROL10	ADCONTROL10	ADCONTROL10	ADCONTROL10
220.000000	245.000000	245.000000	245.000000	250.000000	245.000000	250.000000	245.000000	245.000000	245.000000
470.000000	500.000000	500.000000	500.000000	500.000000	500.000000	500.000000	500.000000	495.000000	495.000000
467.600000	493.940000	496.640000	491.600000	483.120000	492.750000	493.150000	494.520000	488.510000	489.100000
467.450000	493.930000	496.500000	491.460000	489.000000	492.750000	493.230000	494.450000	488.720000	489.000000
0.020000	0.020000	0.020000	0.020000	0.020000	0.020000	0.020000	0.020000	0.020000	0.020000
30.000000	20.000000	30.000000	30.000000	30.000000	30.000000	30.000000	30.000000	30.000000	30.000000
20.000000	25.000000	20.000000	20.000000	20.000000	20.000000	20.000000	20.000000	20.000000	20.000000
50.000000	50.000000	50.000000	50.000000	50.000000	50.000000	50.000000	50.000000	50.000000	50.000000
0.300000	0.300000	0.300000	0.300000	0.300000	0.300000	0.300000	0.300000	0.300000	0.300000
0.100000	0.100000	0.100000	0.100000	0.100000	0.100000	0.100000	0.100000	0.100000	0.100000
0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
0.300000	0.300000	0.300000	0.300000	0.300000	0.300000	0.300000	0.300000	0.300000	0.300000
2.000000	1.500000	1.600000	1.500000	1.500000	1.600000	1.500000	1.500000	1.300000	1.500000
3.500000	2.600000	2.800000	2.500000	2.400000	2.500000	2.300000	2.800000	2.300000	2.200000
5.300000	3.800000	4.000000	3.800000	3.700000	3.800000	3.800000	4.000000	3.600000	3.600000
7.000000	5.000000	5.200000	5.000000	4.800000	5.000000	4.800000	5.300000	4.800000	4.800000
8.700000	6.000000	7.000000	6.000000	6.500000	5.800000	5.600000	6.500000	6.600000	5.700000
0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
0.200000	0.100000	0.100000	0.100000	0.100000	0.100000	0.100000	0.100000	0.100000	0.100000
0.350000	0.700000	0.000000	0.500000	0.000000	0.000000	0.800000	0.000000	0.000000	0.000000
1.500000	1.400000	1.500000	1.400000	2.000000	1.700000	2.300000	1.500000	0.800000	0.800000
2.000000	2.100000	3.000000	2.800000	3.700000	3.200000	3.300000	3.000000	1.800000	1.800000
3.000000	2.800000	4.000000	5.000000	4.800000	4.000000	4.300000	4.000000	3.600000	3.600000
13.000000	32.000000	22.000000	22.000000	22.000000	22.000000	22.000000	22.000000	22.000000	22.000000
0.000000	0.700000	0.700000	0.700000	0.700000	0.700000	0.800000	0.700000	0.800000	0.700000
0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
1.000000	1.000000	1.000000	1.000000	1.000000	1.000000	1.000000	1.000000	1.000000	1.000000
20.000000	20.000000	20.000000	20.000000	20.000000	20.000000	20.000000	20.000000	20.000000	20.000000
0.200000	0.200000	0.200000	0.200000	0.200000	0.200000	0.200000	0.200000	0.200000	0.200000
6.500000	6.000000	6.500000	6.000000	6.000000	6.000000	6.500000	6.500000	7.500000	7.500000
1.000000	1.000000	1.000000	1.000000	1.000000	1.000000	1.000000	1.000000	1.000000	1.000000
8.000000	5.000000	8.000000	8.000000	8.000000	8.000000	8.000000	8.000000	8.000000	8.000000
8.000000	5.000000	8.000000	8.000000	8.000000	8.000000	8.000000	8.000000	8.000000	8.000000
0.000000	0.000000	0.000000	0.000000	0.000000	0.000000	0.000000	0.000000	0.000000	0.000000
0.200000	0.200000	0.200000	0.200000	0.200000	0.200000	0.200000	0.200000	0.200000	0.200000
0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
20.000000	20.000000	20.000000	20.000000	20.000000	20.000000	20.000000	20.000000	20.000000	20.000000
0.400000	0.400000	0.400000	0.400000	0.400000	0.400000	0.400000	0.400000	0.600000	0.400000
0.200000	0.200000	0.200000	0.200000	0.200000	0.200000	0.200000	0.200000	0.200000	0.200000
80.000000	120.000000	100.000000	100.000000	100.000000	100.000000	100.000000	80.000000	40.000000	100.000000
80.000000	120.000000	100.000000	100.000000	100.000000	100.000000	100.000000	80.000000	40.000000	100.000000
0.300000	0.300000	0.300000	0.300000	0.300000	0.300000	0.300000	0.300000	0.300000	0.300000
1.000000	1.000000	0.500000	1.000000	0.500000	1.000000	0.500000	0.500000	0.800000	0.800000
1.000000	1.000000	0.500000	1.000000	0.500000	1.000000	0.500000	0.500000	0.800000	0.800000
1.000000	0.800000	0.500000	1.000000	0.500000	1.000000	0.800000	0.800000	1.000000	0.800000
1.000000	0.800000	0.500000	1.000000	0.500000	1.000000	0.800000	0.800000	1.000000	0.800000
0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
6.000000	6.000000	6.000000	6.000000	6.000000	6.000000	6.000000	6.000000	6.000000	6.000000
6.000000	6.000000	6.000000	6.000000	6.000000	6.000000	6.000000	6.000000	6.000000	6.000000
0.400000	0.400000	0.400000	0.400000	0.400000	0.400000	0.400000	0.600000	0.400000	0.400000
0.400000	0.400000	0.400000	0.400000	0.400000	0.400000	0.400000	0.600000	0.400000	0.400000
0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
45.000000	50.000000	45.000000	45.000000	45.000000	45.000000	45.000000	45.000000	35.000000	35.000000
4.000000	5.000000	4.000000	4.000000	4.000000	4.000000	4.000000	4.000000	6.000000	5.000000
0.300000	0.200000	0.300000	0.300000	0.300000	0.300000	0.300000	0.000000	0.300000	0.300000
8.000000	5.000000	8.000000	8.000000	8.000000	8.000000	8.000000	8.000000	8.000000	8.000000
8.000000	5.000000	8.000000	8.000000	8.000000	8.000000	8.000000	8.000000	8.000000	8.000000
0.300000	0.300000	0.300000	0.300000	0.300000	0.300000	0.300000	0.300000	0.300000	0.300000
0.100000	0.100000	0.100000	0.100000	0.100000	0.100000	0.100000	0.100000	0.100000	0.100000
0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
35.000000	50.000000	35.000000	35.000000	35.000000	35.000000	35.000000	35.000000	45.000000	45.000000
4.000000	3.500000	3.500000	3.500000	3.500000	3.500000	3.500000	3.500000	3.500000	3.500000
0.300000	0.300000	0.300000	0.300000	0.300000	0.300000	0.300000	0.000000	0.300000	0.300000
8.000000	5.000000	8.000000	8.000000	8.000000	8.000000	8.000000	8.000000	8.000000	8.000000
8.000000	5.000000	8.000000	8.000000	8.000000	8.000000	8.000000	8.000000	8.000000	8.000000
0.100000	0.100000	0.100000	0.100000	0.100000	0.100000	0.100000	0.000000	0.100000	0.100000
3.500000	4.000000	3.500000	3.500000	3.500000	3.500000	3.500000	3.500000	3.500000	3.500000
0.300000	0.300000	0.300000	0.300000	0.300000	0.300000	0.300000	0.300000	0.300000	0.300000
800.000000	180.000000	180.000000	999.000000	180.000000	180.000000	180.000000	180.000000	180.000000	999.000000

Tabela B.3: Tabela dos Parametros do Modelo PM13530

[illegible]

## B.1.2 Modelo PM16030

Tabela B.4: Tabela dos Parametros do Comando Adcontrol do Modelo PM16030

Codigo	M00000063	M00000078	M00000155	M00000203	M00000238	M00000239
Máquina	PM16030	PM16030-PLS	PM16030-PLS	PM16030-PLS	PM16030-PLS	PM16030-PLS
Versão	8.3.1	8.3.1	8.3.1	12.2	17.4	12.2
Controlador	ADCONTROL10	ADCONTROL10	ADCONTROL10	ADCONTROL10	ADCONTROL15	ADCONTROL10
Ram axis						
GENERAL parameters						
Minimum position	245.000000	245.000000	245.000000	245.000000	250.000000	245.000000
Maximum position	500.000000	495.000000	495.000000	498.000000	500.000000	495.000000
Y1 Reference position	490.020000	491.220000	492.290000	486.450000	489.710000	494.920000
Y2 Reference position	489.980000	491.160000	492.230000	486.380000	489.580000	494.890000
Position tolerance	0.020000	0.020000	0.020000	0.020000	0.020000	0.020000
Unbalance correction	30.000000	30.000000	30.000000	5.000000	30.000000	5.000000
Maximum unbalance	20.000000	20.000000	20.000000	20.000000	15.000000	20.000000
Conversion factor	50.000000	50.000000	50.000000	50.000000	50.000000	50.000000
Bend. time	0.300000	0.300000	0.300000	0.300000	0.300000	0.300000
Striking time	0.100000	0.100000	0.100000	0.100000	0.000000	0.100000
PRESSURE Parameters	0	0	0	0	0	0
Ramp	0.300000	0.300000	0.100000	0.500000	0.100000	0.500000
0% Voltage	1.600000	1.500000	1.600000	1.400000	1.500000	1.500000
25% Voltage	3.000000	2.600000	2.700000	2.800000	2.500000	2.800000
50% Voltage	4.500000	4.300000	4.300000	4.500000	3.900000	4.200000
75% Voltage	6.200000	5.400000	5.800000	6.000000	5.500000	5.800000
F.S. (A)	7.800000	7.500000	8.500000	8.000000	7.500000	7.200000
CROWNING Parameters	0	0	0	0	0	0
Ramp	0.100000	0.100000	0.100000	0.100000	0.200000	0.100000
0% Voltage	0.000000	0.000000	0.000000	1.400000	0.700000	0.000000
25% Voltage	1.500000	1.500000	0.000000	2.800000	1.900000	1.200000
50% Voltage	3.000000	3.000000	0.000000	4.500000	3.400000	2.400000
75% Voltage	4.000000	4.000000	0.000000	6.000000	3.700000	3.600000
Crowning rate	22.000000	22.000000	22.000000	30.000000	21.000000	21.000000
F.S. (A)	0.700000	0.700000	0.700000	0.800000	0.000000	0.800000
FAST DESCENT Parameters	0	0	0	0	0	0
Closed loop	1.000000	1.000000	1.000000	1.000000	1.000000	1.000000
Pressure	20.000000	20.000000	20.000000	10.000000	10.000000	10.000000
Voltage ramp	0.200000	0.200000	0.200000	0.200000	0.200000	0.200000
Maximum voltage	6.500000	6.500000	6.500000	6.200000	7.300000	6.200000
Minimum voltage	1.000000	1.000000	1.000000	1.000000	0.100000	1.000000
Y1 Potentiometer	8.000000	8.000000	8.000000	8.000000	8.000000	8.000000
Y2 Potentiometer	8.000000	8.000000	8.000000	8.000000	8.000000	8.000000
Slow-down measure	0.000000	0.000000	0.000000	0.000000	5.000000	0.000000
Speed Change time	0.200000	0.200000	0.200000	0.100000	0.200000	0.100000
WORK DESCENT Parameters	0	0	0	0	0	0
Manual pressure	20.000000	20.000000	20.000000	20.000000	20.000000	20.000000
Work speed	0.400000	0.400000	0.400000	0.400000	0.600000	0.400000
Acceleration time	0.200000	0.200000	0.200000	0.100000	0.300000	0.100000
Y1 Gain	80.000000	100.000000	80.000000	100.000000	130.000000	100.000000
Y2 Gain	80.000000	100.000000	80.000000	100.000000	130.000000	100.000000
Tolerance time	0.300000	0.300000	0.300000	0.400000	0.300000	0.400000
Y1 Negative insensitivity	1.000000	1.000000	1.000000	0.800000	0.800000	0.800000
Y1 Positive insensitivity	1.000000	1.000000	1.000000	0.800000	0.800000	0.800000
Y2 Negative insensitivity	1.000000	1.000000	1.000000	0.800000	0.800000	0.800000
Y2 Positive insensitivity	1.000000	1.000000	1.000000	0.800000	0.800000	0.800000
DECOMPRESSION Parameters	0	0	0	0	0	0
Y1 Voltage	6.000000	6.000000	6.000000	6.000000	3.000000	6.000000
Y2 Voltage	6.000000	6.000000	6.000000	6.000000	3.000000	6.000000
Pressure step-down time	0.400000	0.400000	0.400000	0.400000	0.800000	0.400000
Decompression time	0.400000	0.400000	0.400000	0.400000	0.300000	0.400000
FAST ASCENT Parameters	0	0	0	0	0	0
Pressure	45.000000	45.000000	45.000000	45.000000	45.000000	45.000000
Speed	4.000000	4.000000	4.000000	4.000000	7.000000	6.000000
Acceleration	0.300000	0.300000	0.100000	0.300000	0.300000	0.300000
Y1 Gain	8.000000	8.000000	8.000000	10.000000	3.000000	5.000000
Y2 Gain	8.000000	8.000000	8.000000	10.000000	3.000000	5.000000
Tolerance time	0.300000	0.300000	0.300000	0.000000	0.100000	0.000000
Initial wait	0.100000	0.100000	0.100000	0.100000	0.000000	0.100000
SLOW ASCENT Parameters	0	0	0	0	0	0
Pressure	45.000000	35.000000	35.000000	40.000000	40.000000	40.000000
Reference speed	4.000000	3.500000	3.500000	3.500000	4.000000	3.500000
Acceleration	0.300000	0.300000	0.300000	0.300000	0.300000	0.300000
Y1 Gain	8.000000	8.000000	8.000000	8.000000	5.000000	5.000000
Y2 Gain	8.000000	8.000000	8.000000	8.000000	5.000000	5.000000
Tolerance time	0.100000	0.100000	0.100000	0.100000	0.000000	0.100000
Initial wait	3.500000	3.500000	3.500000	3.500000	4.000000	3.500000
Return speed	0.300000	0.300000	0.300000	0.300000	0.100000	0.300000
Following error	180.000000	180.000000	180.000000	180.000000	180.000000	999.000000

### B.1.3 Modelo PM16040

Tabela B.5: Tabela dos Parametros do Comando Adcontrol do Modelo PM16040

Código	M00000046	M00000066	M00000121	M00000190
Máquina	PM16040-PLS	PM16040-PLS	PM16040-PLS	PM16040-PLS
Versão	8.3.1	8.3.1	8.3.1	17.4
Controlador	ADCONTROL10	ADCONTROL10	ADCONTROL10	ADCONTROL15
Ram axis				
GENERAL parameters				
Minimum position	245.000000	240.000000	240.000000	220.000000
Maximum position	490.000000	495.000000	490.000000	475.000000
Y1 Reference position	484.450000	487.600000	487.000000	470.620000
Y2 Reference position	484.030000	487.500000	487.000000	470.640000
Position tolerance	0.020000	0.020000	0.020000	0.020000
Unbalance correction	30.000000	30.000000	30.000000	30.000000
Maximum unbalance	15.000000	20.000000	20.000000	15.000000
Conversion factor	50.000000	50.000000	50.000000	50.000000
Bend. time	0.300000	0.300000	0.300000	0.300000
Striking time	0.100000	0.100000	0.100000	0.000000
PRESSURE Parameters	0	0	0	0
Ramp	0.300000	0.300000	0.300000	0.100000
0% Voltage	2.200000	1.800000	1.500000	1.500000
25% Voltage	3.500000	3.000000	2.800000	2.500000
50% Voltage	5.800000	4.600000	4.500000	4.500000
75% Voltage	7.500000	6.000000	6.200000	6.000000
F.S. (A)	0.600000	7.800000	8.000000	7.500000
CROWNING Parameters	0	0	0	0
Ramp	0.100000	0.100000	0.100000	0.200000
0% Voltage	2.000000	0.000000	0.000000	0.800000
25% Voltage	3.000000	0.000000	1.500000	2.500000
50% Voltage	4.000000	0.000000	3.000000	3.500000
75% Voltage	5.000000	0.000000	4.000000	4.500000
Crowning rate	21.000000	22.000000	22.000000	13.000000
F.S. (A)	0.000000	0.700000	0.700000	0.000000
FAST DESCENT Parameters	0	0	0	0
Closed loop	1.000000	1.000000	1.000000	1.000000
Pressure	20.000000	20.000000	20.000000	10.000000
Voltage ramp	0.200000	0.200000	0.200000	0.200000
Maximum voltage	6.000000	6.500000	6.500000	6.500000
Minimum voltage	1.000000	1.000000	1.000000	0.100000
Y1 Potentiometer	10.000000	8.000000	8.000000	8.000000
Y2 Potentiometer	10.000000	8.000000	8.000000	8.000000
Slow-down measure	0.100000	0.000000	0.000000	5.000000
Speed Change time	0.300000	0.200000	0.200000	0.200000
WORK DESCENT Parameters	0	0	0	0
Manual pressure	20.000000	20.000000	20.000000	20.000000
Work speed	0.450000	0.400000	0.400000	0.500000
Acceleration time	0.200000	0.200000	0.200000	0.200000
Y1 Gain	80.000000	80.000000	100.000000	100.000000
Y2 Gain	80.000000	80.000000	100.000000	100.000000
Tolerance time	0.300000	0.300000	0.300000	0.300000
Y1 Negative insensitivity	1.000000	1.000000	0.500000	0.800000
Y1 Positive insensitivity	1.000000	1.000000	0.500000	0.800000
Y2 Negative insensitivity	1.000000	1.000000	0.500000	0.800000
Y2 Positive insensitivity	1.000000	1.000000	0.500000	0.800000
DECOMPRESSION Parameters	0	0	0	0
Y1 Voltage	6.000000	6.000000	6.000000	6.000000
Y2 Voltage	6.000000	6.000000	6.000000	6.000000
Pressure step-down time	0.300000	0.400000	0.400000	0.500000
Decompression time	0.600000	0.400000	0.400000	0.800000
FAST ASCENT Parameters	0	0	0	0
Pressure	60.000000	45.000000	55.000000	45.000000
Speed	4.500000	4.000000	4.000000	4.000000
Acceleration	0.300000	0.300000	0.100000	0.300000
Y1 Gain	8.000000	8.000000	5.000000	7.000000
Y2 Gain	8.000000	8.000000	5.000000	7.000000
Tolerance time	0.300000	0.300000	0.300000	0.100000
Initial wait	0.100000	0.100000	0.100000	0.000000
SLOW ASCENT Parameters	0	0	0	0
Pressure	30.000000	35.000000	45.000000	40.000000
Reference speed	3.500000	3.500000	3.500000	4.000000
Acceleration	0.100000	0.300000	0.100000	0.300000
Y1 Gain	8.000000	8.000000	5.000000	5.000000
Y2 Gain	8.000000	8.000000	5.000000	5.000000
Tolerance time	0.100000	0.100000	0.100000	0.000000
Initial wait	3.500000	3.500000	3.500000	4.000000
Return speed	0.300000	0.300000	0.300000	0.100000
Following error	250.000000	180.000000	180.000000	180.000000



## B.1.4 Modelo PM22040

Tabela B.6: Tabela dos Parametros do Comando Adcontrol do Modelo PM22040

Codigo	M00000005	M00000107	M00000124	M00000157	M00000160	M00000202	M00000224
<b>Máquina</b>	PM22040-PLS	PM22040-PLS	PM22040-PLS	PM22040-PLS	PM22040-PLS	PM22040-PLS	PM22040-PLS
<b>Versão</b>	15.2	8.3.1	15.2	12.1	8.3.1	8.3.1	12.2
<b>Controlador</b>	ADCONTROL15	ADCONTROL10	ADCONTROL15	ADCONTROL10	ADCONTROL10	ADCONTROL10	ADCONTROL10
<b>Ram axis</b>							
<b>GENERAL parameters</b>							
Minimum position	240.000000	225.000000	225.000000	245.000000	245.000000	240.000000	245.000000
Maximum position	498.000000	480.000000	480.000000	495.000000	495.000000	495.000000	495.000000
Y1 Reference position	486.420000	468.100000	465.140000	487.000000	493.050000	485.120000	488.730000
Y2 Reference position	486.350000	468.100000	465.110000	487.060000	493.150000	485.120000	488.670000
Position tolerance	0.020000	0.020000	0.020000	0.020000	0.020000	0.020000	0.020000
Unbalance correction	30.000000	30.000000	30.000000	5.000000	30.000000	30.000000	5.000000
Maximum unbalance	30.000000	50.000000	20.000000	20.000000	20.000000	20.000000	20.000000
Conversion factor	50.000000	50.000000	50.000000	50.000000	50.000000	50.000000	50.000000
Bend, time	0.300000	0.300000	0.300000	0.300000	0.300000	0.300000	0.300000
Striking time	0.000000	0.100000	0.100000	0.100000	0.100000	0.100000	0.100000
<b>PRESSURE Parameters</b>	0	0	0	0	0	0	0
Ramp	0.100000	0.300000	0.300000	0.500000	0.300000	0.300000	0.500000
0% Voltage	1.500000	1.500000	1.300000	1.500000	1.500000	1.500000	1.600000
25% Voltage	3.200000	2.700000	2.700000	2.700000	2.500000	2.800000	2.800000
50% Voltage	5.200000	4.300000	4.200000	4.200000	4.200000	4.300000	4.200000
75% Voltage	7.000000	5.800000	5.800000	5.500000	5.700000	5.900000	5.800000
F.S. (A)	0.650000	7.500000	7.500000	7.200000	7.700000	7.300000	8.000000
<b>CROWNING Parameters</b>	0	0	0	0	0	0	0
Ramp	0.200000	0.100000	0.200000	0.100000	0.100000	0.100000	0.100000
0% Voltage	0.900000	0.000000	0.900000	0.500000	1.500000	1.800000	1.000000
25% Voltage	1.600000	1.500000	1.500000	2.500000	2.300000	3.500000	1.600000
50% Voltage	3.000000	3.000000	3.000000	5.000000	3.300000	5.000000	2.200000
75% Voltage	6.000000	4.000000	4.500000	7.500000	4.300000	7.500000	3.800000
Crowning rate	13.000000	22.000000	31.000000	30.000000	22.000000	22.000000	30.000000
F.S. (A)	0.000000	0.700000	0.000000	0.700000	0.700000	0.700000	0.800000
<b>FAST DESCENT Parameters</b>	0	0	0	0	0	0	0
Closed loop	1.000000	1.000000	1.000000	1.000000	1.000000	1.000000	1.000000
Pressure	10.000000	20.000000	20.000000	20.000000	20.000000	20.000000	10.000000
Voltage ramp	0.200000	0.200000	0.200000	0.300000	0.200000	0.200000	0.200000
Maximum voltage	6.500000	6.500000	6.500000	6.500000	6.500000	6.500000	6.000000
Minimum voltage	0.100000	1.000000	1.000000	1.000000	1.000000	1.000000	1.000000
Y1 Potentiometer	7.000000	8.000000	4.000000	4.000000	8.000000	8.000000	8.000000
Y2 Potentiometer	7.000000	8.000000	4.000000	4.000000	8.000000	8.000000	8.000000
Slow-down measure	5.000000	0.000000	0.000000	0.000000	0.000000	0.000000	0.000000
Speed Change time	0.200000	0.200000	0.200000	0.200000	0.200000	0.200000	0.100000
<b>WORK DESCENT Parameters</b>	0	0	0	0	0	0	0
Manual pressure	15.000000	20.000000	20.000000	25.000000	20.000000	30.000000	20.000000
Work speed	0.600000	0.400000	0.600000	0.400000	0.400000	0.500000	0.400000
Acceleration time	0.200000	0.200000	0.500000	0.300000	0.200000	0.200000	0.100000
Y1 Gain	80.000000	80.000000	50.000000	100.000000	100.000000	100.000000	100.000000
Y2 Gain	80.000000	80.000000	50.000000	100.000000	100.000000	100.000000	100.000000
Tolerance time	0.300000	0.300000	0.400000	0.400000	0.300000	0.300000	0.400000
Y1 Negative insensitivity	1.500000	1.500000	0.800000	1.000000	1.000000	0.800000	0.500000
Y1 Positive insensitivity	1.500000	1.500000	0.800000	1.000000	1.000000	0.800000	0.500000
Y2 Negative insensitivity	1.500000	1.000000	0.800000	0.800000	0.800000	0.800000	1.000000
Y2 Positive insensitivity	1.500000	1.000000	0.800000	0.800000	0.800000	0.800000	1.000000
<b>DECOMPRESSION Parameters</b>	0	0	0	0	0	0	0
Y1 Voltage	6.000000	6.000000	6.000000	8.000000	6.000000	6.000000	6.000000
Y2 Voltage	6.000000	6.000000	6.000000	8.000000	6.000000	6.000000	6.000000
Pressure step-down time	0.500000	0.400000	0.400000	0.600000	0.400000	0.400000	0.400000
Decompression time	0.800000	0.400000	0.400000	0.600000	0.400000	0.400000	0.400000
<b>FAST ASCENT Parameters</b>	0	0	0	0	0	0	0
Pressure	40.000000	45.000000	45.000000	45.000000	45.000000	50.000000	45.000000
Speed	5.000000	6.500000	6.000000	5.000000	5.000000	5.300000	4.000000
Acceleration	0.300000	0.300000	0.400000	0.300000	0.300000	0.200000	0.300000
Y1 Gain	7.000000	8.000000	4.000000	4.000000	8.000000	5.000000	10.000000
Y2 Gain	7.000000	8.000000	4.000000	4.000000	8.000000	5.000000	10.000000
Tolerance time	0.100000	0.300000	0.000000	0.000000	0.300000	0.300000	0.000000
Initial wait	0.000000	0.100000	0.100000	0.100000	0.100000	0.100000	0.100000
<b>SLOW ASCENT Parameters</b>	0	0	0	0	0	0	0
Pressure	35.000000	45.000000	35.000000	35.000000	35.000000	35.000000	40.000000
Reference speed	3.000000	5.000000	5.000000	3.500000	3.500000	3.500000	3.500000
Acceleration	0.300000	0.300000	0.300000	0.300000	0.300000	0.300000	0.300000
Y1 Gain	5.000000	8.000000	8.000000	8.000000	8.000000	8.000000	8.000000
Y2 Gain	5.000000	8.000000	8.000000	8.000000	8.000000	8.000000	8.000000
Tolerance time	0.000000	0.100000	0.100000	0.100000	0.100000	0.100000	0.100000
Initial wait	6.000000	5.000000	3.500000	3.500000	3.500000	3.500000	3.500000
Return speed	0.100000	0.300000	0.300000	0.300000	0.300000	0.300000	0.300000
Following error	600.000000	250.000000	800.000000	180.000000	180.000000	180.000000	180.000000

## B.1.5 Modelo PM6020

Tabela B.7: Tabela dos Parametros do Comando Adcontrol do Modelo PM6020

Codigo	M00000027	M00000047	M00000098	M00000111	M00000169
Máquina	PM6020-PLS	PM6020-PLS	PM6020-PLS	PM6020-PLS	PM6020-PLS
Versão	8.3.1	8.3.1	8.3.1	8.3.1	17.4
Controlador	ADCONTROL10	ADCONTROL10	ADCONTROL10	ADCONTROL10	ADCONTROL15
Ram axis					
GENERAL parameters					
Minimum position	240.000000	240.000000	245.000000	245.000000	245.000000
Maximum position	490.000000	495.000000	495.000000	500.000000	500.000000
Y1 Reference position	489.250000	478.690000	491.020000	492.200000	493.140000
Y2 Reference position	489.070000	478.510000	490.880000	492.150000	493.050000
Position tolerance	0.020000	0.020000	0.020000	0.020000	0.020000
Unbalance correction	30.000000	30.000000	30.000000	30.000000	5.000000
Maximum unbalance	20.000000	15.000000	50.000000	50.000000	30.000000
Conversion factor	50.000000	50.000000	50.000000	50.000000	50.000000
Bend. time	0.300000	0.300000	0.300000	0.300000	0.300000
Striking time	0.100000	0.100000	0.100000	0.100000	0.100000
PRESSURE Parameters	0	0	0	0	0
Ramp	0.300000	0.300000	0.300000	0.300000	0.500000
0% Voltage	2.200000	2.000000	1.500000	1.600000	1.500000
25% Voltage	3.500000	3.800000	2.500000	2.000000	2.400000
50% Voltage	6.000000	5.800000	3.500000	3.300000	3.200000
75% Voltage	7.500000	7.800000	4.500000	4.200000	4.400000
F.S. (A)	0.500000	0.450000	5.500000	6.000000	5.500000
CROWNING Parameters	0	0	0	0	0
Ramp	0.100000	0.100000	0.100000	0.100000	0.100000
0% Voltage	0.800000	0.000000	0.000000	0.000000	0.500000
25% Voltage	2.200000	0.000000	1.500000	1.500000	2.500000
50% Voltage	3.000000	0.000000	3.000000	3.000000	5.000000
75% Voltage	4.000000	0.000000	4.000000	4.000000	7.500000
Crowning rate	22.000000	21.000000	22.000000	22.000000	30.000000
F.S. (A)	0.700000	0.700000	0.700000	0.700000	0.700000
FAST DESCENT Parameters	0	0	0	0	0
Closed loop	1.000000	1.000000	1.000000	1.000000	1.000000
Pressure	20.000000	20.000000	20.000000	20.000000	20.000000
Voltage ramp	0.200000	0.200000	0.200000	0.200000	0.200000
Maximum voltage	6.000000	6.500000	5.000000	6.000000	6.000000
Minimum voltage	1.000000	1.000000	1.000000	1.000000	1.000000
Y1 Potentiometer	10.000000	6.000000	4.000000	4.000000	4.000000
Y2 Potentiometer	10.000000	6.000000	4.000000	4.000000	4.000000
Slow-down measure	0.000000	0.000000	0.000000	0.000000	0.000000
Speed Change time	0.200000	0.200000	0.200000	0.200000	0.200000
WORK DESCENT Parameters	0	0	0	0	0
Manual pressure	20.000000	20.000000	20.000000	20.000000	20.000000
Work speed	0.450000	0.600000	0.600000	0.600000	0.600000
Acceleration time	0.200000	0.100000	0.200000	0.200000	0.300000
Y1 Gain	30.000000	80.000000	80.000000	80.000000	100.000000
Y2 Gain	30.000000	80.000000	80.000000	80.000000	100.000000
Tolerance time	0.300000	0.300000	0.300000	0.300000	0.400000
Y1 Negative insensitivity	1.200000	1.200000	1.000000	1.000000	0.800000
Y1 Positive insensitivity	1.200000	1.200000	1.000000	1.000000	0.800000
Y2 Negative insensitivity	1.400000	1.500000	1.000000	0.800000	0.800000
Y2 Positive insensitivity	1.400000	1.500000	1.000000	0.800000	0.800000
DECOMPRESSION Parameters	0	0	0	0	0
Y1 Voltage	6.000000	6.000000	6.000000	6.000000	6.000000
Y2 Voltage	6.000000	6.000000	6.000000	6.000000	6.000000
Pressure step-down time	0.300000	0.300000	0.400000	0.400000	0.400000
Decompression time	0.600000	0.600000	0.400000	0.400000	0.400000
FAST ASCENT Parameters	0	0	0	0	0
Pressure	55.000000	50.000000	45.000000	45.000000	45.000000
Speed	6.500000	6.500000	6.000000	6.000000	6.000000
Acceleration	0.300000	0.300000	0.300000	0.300000	0.300000
Y1 Gain	8.000000	8.000000	4.000000	4.000000	4.000000
Y2 Gain	8.000000	8.000000	4.000000	4.000000	4.000000
Tolerance time	0.300000	0.300000	0.000000	0.000000	0.000000
Initial wait	0.100000	0.100000	0.100000	0.100000	0.100000
SLOW ASCENT Parameters	0	0	0	0	0
Pressure	50.000000	40.000000	45.000000	45.000000	35.000000
Reference speed	6.000000	4.000000	5.000000	5.000000	4.000000
Acceleration	0.300000	0.100000	0.300000	0.300000	0.300000
Y1 Gain	10.000000	10.000000	8.000000	8.000000	4.000000
Y2 Gain	10.000000	10.000000	8.000000	8.000000	4.000000
Tolerance time	0.100000	0.100000	0.100000	0.100000	0.100000
Initial wait	6.500000	4.000000	5.000000	5.000000	3.500000
Return speed	0.300000	0.300000	0.300000	0.300000	0.300000
Following error	180.000000	250.000000	250.000000	250.000000	180.000000



## B.1.6 Modelo PM9025

Tabela B.8: Tabela dos Parametros do Comando Adcontrol do Modelo PM9025

Codigo	M00000112
Máquina	PM9025-PLS
Versão	8.3.1
Controlador	ADCONTROL10
Ram axis	
<b>GENERAL parameters</b>	
Minimum position	245.000000
Maximum position	500.000000
Y1 Reference position	489.830000
Y2 Reference position	489.900000
Position tolerance	0.020000
Unbalance correction	30.000000
Maximum unbalance	50.000000
Conversion factor	50.000000
Bend. time	0.300000
Striking time	0.100000
<b>PRESSURE Parameters</b>	0
Ramp	0.300000
0% Voltage	1.600000
25% Voltage	2.800000
50% Voltage	4.200000
75% Voltage	5.800000
F.S. (A)	7.200000
<b>CROWNING Parameters</b>	0
Ramp	0.100000
0% Voltage	0.000000
25% Voltage	1.500000
50% Voltage	3.000000
75% Voltage	4.000000
Crowning rate	22.000000
F.S. (A)	0.700000
<b>FAST DESCENT Parameters</b>	0
Closed loop	1.000000
Pressure	20.000000
Voltage ramp	0.200000
Maximum voltage	7.500000
Minimum voltage	1.000000
Y1 Potentiometer	3.000000
Y2 Potentiometer	3.000000
Slow-down measure	0.000000
Speed Change time	0.300000
<b>WORK DESCENT Parameters</b>	0
Manual pressure	30.000000
Work speed	0.600000
Acceleration time	0.200000
Y1 Gain	100.000000
Y2 Gain	100.000000
Tolerance time	0.300000
Y1 Negative insensitivity	1.200000
Y1 Positive insensitivity	1.200000
Y2 Negative insensitivity	0.500000
Y2 Positive insensitivity	0.500000
<b>DECOMPRESSION Parameters</b>	0
Y1 Voltage	6.000000
Y2 Voltage	6.000000
Pressure step-down time	0.400000
Decompression time	0.400000
<b>FAST ASCENT Parameters</b>	0
Pressure	55.000000
Speed	8.000000
Acceleration	0.300000
Y1 Gain	5.000000
Y2 Gain	5.000000
Tolerance time	0.300000
Initial wait	0.100000
<b>SLOW ASCENT Parameters</b>	0
Pressure	50.000000
Reference speed	6.000000
Acceleration	0.300000
Y1 Gain	5.000000
Y2 Gain	5.000000
Tolerance time	0.100000
Initial wait	5.000000
Return speed	0.300000
Following error	250.000000

## B.2 Comando Cybelec

### B.2.1 Modelo PM13530

Tabela B.9: Tabela dos Parametros do Comando DNC do Modelo PM13530

Código	M00000043	M00000087	M00000101	M00000108	M00000130
Máquina	PM-13530-PLS	PM-13530-PLS	PM-13530-PLS	PM-13530-PLS	PM-13530-PLS
Controlador	S-DNC-884S-PC-P	S-DNC-PC-P	S-DNC-64-PS8	S-DNC-884S-PC-P	S-DNC-884S-PC-P
RAM	-	-	-	-	-
Malha de Regulação	1	1	1	1	1
Distancia de aproximação final PMH	0.05	0.05	0.05	0.05	0.05
Distancia de aproximação final PMB	0.50	0.50	0.50	0.50	0.50
Distancia rampa PV	0.80	0.80	0.80	0.80	0.80
Comutação GV	0.80	0.80	0.80	0.80	1.20
Fim de Curso Mínimo	245.00	240.00	245.00	245.00	240.00
Fim de Curso Máximo	495.00	500.00	-	495.00	490.00
Ref. Em Pressão Y1	400.00	270.00	-	400.00	400.00
Ref. Em Pressão y2	400.00	270.00	-	400.00	400.00
Index Y1	477.33	493.21	-	495.80	485.08
Index Y2	477.37	493.14	-	495.96	485.00
Posição Y1	495.48	287.93	-	351.93	313.75
Posição Y2	496.70	288.00	-	353.47	313.02
Limite de Sincronismo	20.00	20.00	15.00	20.00	15.00
Dist. AF PMS Y (subir)	-	-	0.50	-	-
Distancia desaceleração GV	1.50	1.50	0.20	1.50	1.50
Factor velocidade quinagem (descer)	10.00	10.00	10	10.00	10.00
Factor velocidade quinagem (subir)	10.00	10.00	10	10.00	10.00
PMS Max Acima Index	-	-	5.00	-	-
factores de Corr. PCC	-	-	-	-	-
Tolerancia Medida PCC	-	-	-	-	-
Correccao Separada PCC	-	-	-	-	-
Voltagem saída: Pressão Y1	0.000	0.000	-	0.000	0.000
Voltagem saída: Pressão Y2	0.000	0.000	-	0.000	0.000
Tensão Offset Y1	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
Tensão Offset Y2	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
Tensão Min Y1	0.300	0.200	0.30	0.200	0.200
Tensão Min Y2	0.300	0.200	0.3	0.200	0.000
Rampa final (descer)	1.20	0.80	1.20	0.80	0.80
Rampa final (subir)	1.50	1.50	1.50	1.50	1.50
Tensão PV (descer)	5.00	8.00	5.00	5.00	7.00
Tensão PV (subir)	1.90	1.50	3.00	1.50	1.50
Tensão GV (descer)	5.50	6.00	-	5.50	6.50
Tensão GV (subir)	5.00	8.00	-	5.00	6.00
Tensão frenagem Gv	1.20	1.50	1.20	1.50	1.20
????????	-	-	7.00	-	-
Tensão Indexação	3.50	3.50	3.50	3.50	3.50
Tensão GV	-	-	6.00	-	-
Tensão comutação GV	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Tensão decompressão	4.00	4.00	2.00	4.00	4.00
Tensão modo manual	4.00	4.00	-	4.00	4.00
Ganho de sincronismo GV (descer)	85	85	85	85	85
Ganho de sincronismo GV (subir)	75	75	85	75	75
Ganho proporcional PMB	60	60	30	60	55
Resolução do captador	200.000	200.000	200.000	200.000	200.000
Correcção PCC	-0.35	0.00	-0.30	-0.30	-0.50
Correcção BDC	-	-	-	-	-
Correcção PMB Pmax	-0.60	-0.60	0.00	-	-
Tensão Inicial (descer)	-	-	-	-	-
Tensão Inicial (subir)	-	-	-	-	-
Distancia de aceleração (descer)	15.00	15.00	30.00	15.00	30.00
Distancia de aceleração (subir)	25.00	15.00	30.00	25.00	45.00
Distancia de desaceleração (descer)	10.00	10.00	30.00	10.00	20.00
Distancia de desaceleração (subir)	15.00	15.00	30.00	15.00	25.00
Fim de Quinagem antes de pressão	N	N	0	N	N
PCC antes de recuar	Y	Y	1	Y	Y
Tempo de Comutação GV-PV	0.1	0.1	0.3	0.1	0.1
Tempo de comutação descer-subir	0.3	0.3	0.5	0.3	0.3
Atraso Pressão comutação PV	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Tempo antes de malha fechada	0.0	0.0	0.1	0.0	0.0
Atraso servo-valvulas	0.0	0.0	0.1	0.0	0.0
Tempo de decompressão Min	0.2	0.2	0.2	0.2	0.2
Tempo de decompressão Máximo	0.7	0.7	0.2	0.7	0.7
Tempo de Pressao	0.1	0.1	-	0.1	0.1
Tempo de Pressao min	0.5	0.5	-	0.5	0.5
Tempo de supervisao captador	-	-	-	-	-
Distancia regulação avental PMH	-	-	-	-	-
PMH valor mínimo	10.00	10.00	10.00	10.00	10.00
Distancia arranque FA antes PCC	-	-	-	-	-
Atraso avental se houve ajuda quinagem	-	-	-	-	-
Ponto start dos eixos/FA	-	-	-	-	-
Start dos eixos antes/depois FA	-	-	-	-	-
Premir	-	-	-	-	-
Velocidade GV	-	-	-	-	-
Ganho para limitação velocidade	-	-	-	-	-
Velocidade subir max PV depois paragem quinagem	-	-	-	-	-
Distancia output advanced SCP	-	-	-	-	-

Tabela B.10: Tabela dos Parametros do Comando DNC do Modelo PM13530

[illegible]

## B.2.2 Modelo PM16030

Tabela B.11: Tabela dos Parametros do Comando DNC do Modelo PM16030

Código	M00000025	M00000065	M00000103	M00000115	M00000116	M00000117	M00000218
Máquina	PM-16030-PLS	PM-16030-PLS	PM-16030-PLS	PM-16030-PLS	PM-16030-PLS	PM-16030-PLS	PM-16030-PLS
Controlador	S-DNC-884S-PC-P	S-DNC-884S-PC-P	S-DNC-884S-PC-P	S-DNC-884S-PC-P	S-DNC-884S-PC-P	S-DNC-884S-PC-P	S-DNC-884S-PC-P
RAM	-	-	-	-	-	-	-
Malha de Regulação	1	1	1	1	1	1	1
Distancia de aproximação final PMH	0.05	0.05	0.05	0.05	0.05	0.05	0.05
Distancia de aproximação final PMB	0.50	0.50	0.50	0.50	0.50	0.50	0.50
Distancia rampa PV	0.80	0.80	0.80	0.80	0.80	0.80	0.80
Comutação GV	0.80	0.80	0.80	1.20	1.20	1.20	1.20
Fim de Curso Mínimo	245.00	225.00	240.00	220.00	245.00	245.00	245.00
Fim de Curso Maximo	495.00	480.00	495.00	470.00	500.00	495.00	490.00
Ref. Em Pressão Y1	300.00	400.00	400.00	400.00	400.00	400.00	269.70
Ref. Em Pressão y2	300.00	400.00	400.00	400.00	400.00	400.00	269.70
Index Y1	486.13	472.00	492.22	468.26	497.80	483.71	492.35
Index Y2	486.09	472.06	492.22	468.34	497.88	483.62	492.46
Posição Y1	296.68	343.64	330.06	470.90	499.88	298.04	332.23
Posição Y2	296.63	344.73	331.30	472.45	500.39	297.88	332.92
Limite de Sincronismo	20.00	20.00	20.00	20.00	20.00	20.00	20.00
Dist. AF PMS Y (subir)	-	-	-	-	-	-	-
Distancia desaceleração GV	1.50	1.50	1.50	1.50	1.20	1.50	1.50
Factor velocidade quinagem (descer)	10.00	10.00	10.00	10.00	10.00	10.00	10.00
Factor velocidade quinagem (subir)	10.00	10.00	10.00	10.00	10.00	10.00	10.00
PMS Max Acima Index	-	-	-	-	-	-	-
factores de Corr. PCC	-	-	-	-	-	-	-
Tolerancia Medida PCC	-	-	-	-	-	-	-
Correccao Separada PCC	-	-	-	-	-	-	-
Voltagem saída: Pressão Y1	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
Voltagem saída: Pressão Y2	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
Tensão Offset Y1	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
Tensão Offset Y2	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
Tensão Min Y1	0.000	0.200	0.200	0.200	0.200	0.200	0.200
Tensão Min Y2	0.000	0.200	0.200	0.200	0.200	0.200	0.200
Rampa final (descer)	1.20	1.20	0.80	0.80	0.80	0.80	0.80
Rampa final (subir)	1.50	1.50	1.50	1.50	1.20	1.50	1.50
Tensão PV (descer)	5.00	9.00	5.00	7.00	7.00	7.00	6.00
Tensão PV (subir)	1.50	1.50	1.50	1.50	1.50	1.50	1.50
Tensão GV (descer)	6.50	7.00	6.50	6.00	6.00	6.50	6.00
Tensão GV (subir)	4.00	5.50	5.00	5.00	4.50	5.00	4.00
Tensão frenagem Gv	1.50	1.20	1.50	1.50	1.00	1.50	1.50
????????	-	-	-	-	-	-	-
Tensão Indexação	3.50	3.00	3.50	3.50	3.50	3.50	3.00
Tensão GV	-	-	-	-	-	-	-
Tensão comutação GV	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Tensão decompressão	4.00	4.00	4.00	4.00	4.00	4.00	4.00
Tensão modo manual	4.00	4.00	4.00	4.00	4.00	4.00	4.00
Ganho de sincronismo GV (descer)	85	85	85	85	75	85	80
Ganho de sincronismo GV (subir)	75	75	75	-	75	75	75
Ganho proporcional PMB	60	60	60	75	75	75	55
Resolução do captador	200.000	200.000	200.000	200.000	200.000	200.000	200.000
Correcção PCC	-0.20	-	-0.30	-0.25	-0.35	-0.50	-0.30
Correcção BDC	-	-	-	-	-	-	-
Correcção PMB Pmax	-0.30	-0.63	-0.30	-0.30	-	-	-0.40
Tensão Inicial (descer)	-	-	-	-	-	-	-
Tensão Inicial (subir)	-	-	-	-	-	-	-
Distancia de aceleração (descer)	15.00	25.00	15.00	30.00	10.00	30.00	25.00
Distancia de aceleração (subir)	25.00	35.00	25.00	45.00	20.00	45.00	25.00
Distancia de desaceleração (descer)	10.00	15.00	10.00	20.00	5.00	20.00	15.00
Distancia de desaceleração (subir)	-	-	15.00	25.00	20.00	25.00	20.00
Fim de Quinagem antes de pressão	N	N	N	N	N	N	N
PCC antes de recuar	Y	Y	Y	Y	Y	Y	Y
Tempo de Comutação GV-PV	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1
Tempo de comutação descer-subir	0.3	0.3	0.3	0.3	0.3	0.3	0.3
Atraso Pressão comutação PV	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Tempo antes de malha fechada	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
Atraso servo-valvulas	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
Tempo de decompressão Min	0.2	0.2	0.2	0.2	0.1	0.2	0.2
Tempo de decompressão Maximo	0.7	0.7	0.7	0.7	0.5	0.7	0.7
Tempo de Pressao	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1
Tempo de Pressao min	0.5	0.5	0.5	0.5	0.3	0.5	0.5
Tempo de supervisao captador	-	-	-	-	-	-	-
Distancia regulação avental PMH	-	-	-	-	-	-	-
PMH valor mínimo	10.00	10.00	10.00	10.00	10.00	10.00	10.00
Distancia arranque FA antes PCC	-	-	-	-	-	-	-
Atraso avental se houve ajuda quinagem	-	-	-	-	-	-	-
Ponto start dos eixos/FA	-	-	-	-	-	-	-
Start dos eixos antes/depois FA	-	-	-	-	-	-	-
Premir	-	-	-	-	-	-	-
Velocidade GV	-	-	-	-	-	-	-
Ganho para limitação velocidade	-	-	-	-	-	-	-
Velocidade subir max PV depois paragem quinagem	-	-	-	-	-	-	-
Distancia output advanced SCP	-	-	-	-	-	-	-

## B.2.3 Modelo PM16040

Tabela B.12: Tabela dos Parametros do Comando DNC do Modelo PM16040

Codigo	M00000041	M00000100	M00000182	M00000241
Máquina	PM-16040-PLS	PM-16040-PLS	PM-16040-PLS	PM-16040-PLS
Controlador	S-DNC-884S-PC-P	S-DNC-64-PS8	S-DNC-884S-PC-P	S-DNC-884S-PC-P
RAM	-	-	-	-
Malha de Regulação	1	1	1	1
Distancia de aproximação final PMH	0.05	0.05	0.05	0.05
Distancia de aproximação final PMB	0.50	0.50	0.50	0.50
Distancia rampa PV	0.80	0.80	0.80	0.80
Comutação GV	0.80	0.80	1.20	0.80
Fim de Curso Mínimo	240.00	245.00	245.00	245.00
Fim de Curso Máximo	490.00	-	490.00	490.00
Ref. Em Pressão Y1	400.00	-	269.70	400.00
Ref. Em Pressão Y2	400.00	-	269.70	400.00
Index Y1	478.00	-	484.81	490.84
Index Y2	478.40	-	484.88	490.73
Posição Y1	492.53	-	330.10	334.03
Posição Y2	493.59	-	330.97	334.70
Limite de Sincronismo	25.00	15.00	20.00	20.00
Dist. AF PMS Y (subir)	-	1.50	-	-
Distancia desaceleração GV	1.50	1.00	1.50	1.50
Factor velocidade quinagem (descer)	10.00	10	10.00	9.00
Factor velocidade quinagem (subir)	10.00	10	10.00	9.00
PMS Max Acima Index	-	1.00	-	-
factores de Corr. PCC	-	-	-	-
Tolerancia Medida PCC	-	-	-	-
Correcao Separada PCC	-	-	-	-
Voltagem saída: Pressão Y1	0.000	-	0.000	0.000
Voltagem saída: Pressão Y2	0.000	-	0.000	0.000
Tensão Offset Y1	0.000	0.000	0.000	0.000
Tensão Offset Y2	0.000	0.000	0.000	0.000
Tensão Min Y1	0.300	0.20	0.200	0.300
Tensão Min Y2	0.300	0.20	0.200	0.300
Rampa final (descer)	1.20	1.20	0.80	1.20
Rampa final (subir)	1.50	1.50	1.20	1.50
Tensão PV (descer)	6.00	6.00	8.00	5.00
Tensão PV (subir)	1.50	1.50	1.50	1.50
Tensão GV (descer)	5.50	-	5.50	4.50
Tensão GV (subir)	5.00	-	4.00	4.00
Tensão frenagem Gv	1.50	1.50	1.50	1.50
????????	-	5.00	-	-
Tensão Indexação	4.00	4.00	3.50	3.50
Tensão GV	-	5.00	-	-
Tensão comutação GV	0.00	0.00	0.00	0.00
Tensão decompressão	2.00	3.00	4.00	4.00
Tensão modo manual	4.00	-	4.00	4.00
Ganho de sincronismo GV (descer)	75	75	85	85
Ganho de sincronismo GV (subir)	75	75	70	75
Ganho proporcional PMB	60	55	55	60
Resolução do captador	200.00	200.000	200.000	200.000
Correcção PCC	-0.50	-	-0.50	-0.30
Correcção BDC	-	-	-	-
Correcção PMB Pmax	-0.80	-	-0.60	-
Tensão Inicial (descer)	-	-	-	-
Tensão Inicial (subir)	-	-	-	-
Distancia de aceleração (descer)	25.00	30.00	20.00	15.00
Distancia de aceleração (subir)	35.00	30.00	40.00	30.00
Distancia de desaceleração (descer)	20.00	30.00	20.00	20.00
Distancia de desaceleração (subir)	30.00	30.00	20.00	20.00
Fim de Quinagem antes de pressão	N	0	N	N
PCC antes de recuar	Y	1	Y	Y
Tempo de Comutação GV-PV	0.2	0.3	0.1	0.1
Tempo de comutação descer-subir	0.3	0.1	0.3	0.3
Atraso Pressão comutação PV	0.00	0.00	0.00	0.00
Tempo antes de malha fechada	0.0	0.0	0.0	0.0
Atraso servo-valvulas	0.0	0.0	0.0	0.0
Tempo de decompressão Min	0.2	0.2	0.2	0.2
Tempo de decompressão Máximo	0.7	0.7	0.7	0.7
Tempo de Pressao	0.1	-	0.1	0.1
Tempo de Pressao min	0.5	-	0.5	0.5
Tempo de supervisao captador	-	-	-	-
Distancia regulação avental PMH	-	-	-	-
PMH valor mínimo	10.00	10.00	10.00	10.00
Distancia arranque FA antes PCC	-	-	-	-
Atraso avental se houve ajuda quinagem	-	-	-	-
Ponto start dos eixos/FA	-	-	-	-
Start dos eixos antes/depois FA	-	-	-	-
Premir	-	-	-	-
Velocidade GV	-	-	-	-
Ganho para limitação velocidade	-	-	-	-
Velocidade subir max PV depois paragem quinagem	-	-	-	-
Distancia output advanced SCP	-	-	-	-

## B.2.4 Modelo PM22040

Tabela B.13: Tabela dos Parametros do Comando DNC do Modelo PM22040

Codigo	M00000021	M00000038	M00000118
Máquina	PM-22040-PLS	PM-22040-PLS	PM-22040-PLS
Controlador	S-DNC-884S-PC-P	S-DNC-884S-PC-P	S-DNC-884S-PC-P
RAM	-	-	-
Malha de Regulação	1	0	1
Distancia de aproximação final PMH	0.05	0.05	0.05
Distancia de aproximação final PMB	0.50	0.50	0.50
Distancia rampa PV	0.80	0.80	0.80
Comutação GV	0.80	0.80	1.20
Fim de Curso Minimo	240.00	225.00	240.00
Fim de Curso Maximo	495.00	480.00	490.00
Ref. Em Pressão Y1	300.00	400.00	400.00
Ref. Em Pressão y2	300.00	400.00	400.00
Index Y1	483.79	476.30	486.70
Index Y2	483.90	476.25	486.80
Posição Y1	495.34	234.14	492.68
Posição Y2	498.28	233.98	493.02
Limite de Sincronismo	20.00	30.00	20.00
Dist. AF PMS Y (subir)	-	-	-
Distancia desaceleração GV	1.50	2.50	1.50
Factor velocidade quinagem (descer)	10.00	10.00	10.00
Factor velocidade quinagem (subir)	10.00	10.00	10.00
PMS Max Acima Index	-	-	-
factores de Corr. PCC	-	-	-
Tolerancia Medida PCC	-	-	-
Correcao Separada PCC	-	-	-
Voltagem saída: Pressão Y1	0.000	0.000	0.000
Voltagem saída: Pressão Y2	0.000	0.000	0.000
Tensão Offset Y1	0.000	0.000	0.000
Tensão Offset Y2	0.000	0.000	0.000
Tensão Min Y1	0.300	0.300	0.200
Tensão Min Y2	0.300	0.300	0.200
Rampa final (descer)	1.50	1.00	0.80
Rampa final (subir)	1.80	1.50	1.50
Tensão PV (descer)	5.00	4.00	7.00
Tensão PV (subir)	1.20	1.50	1.50
Tensão GV (descer)	4.50	4.00	4.00
Tensão GV (subir)	6.00	1.00	5.00
Tensão frenagem Gv	1.20	1.00	1.50
?????????	-	-	-
Tensão Indexação	3.50	3.50	3.50
Tensão GV	-	-	-
Tensão comutação GV	0.00	0.00	0.00
Tensão decompressão	4.00	4.00	4.00
Tensão modo manual	4.00	4.00	4.00
Ganho de sincronismo GV (descer)	85	85	85
Ganho de sincronismo GV (subir)	75	75	75
Ganho proporcional PMB	70	50	75
Resolução do captador	200.000	200.000	200.000
Correcção PCC	-0.30	-0.40	-0.40
Correcção BDC	-	-	-
Correcção PMB Pmax	-	-0.35	-
Tensão Inicial (descer)	-	-	-
Tensão Inicial (subir)	-	-	-
Distancia de aceleração (descer)	20.00	35.00	30.00
Distancia de aceleração (subir)	25.00	-	45.00
Distancia de desaceleração (descer)	10.00	20.00	20.00
Distancia de desaceleração (subir)	25.00	35.00	25.00
Fim de Quinagem antes de pressão	N	N	N
PCC antes de recuar	Y	Y	Y
Tempo de Comutação GV-PV	0.1	0.2	0.1
Tempo de comutação descer-subir	0.3	0.3	0.3
Atraso Pressão comutação PV	0.00	0.00	0.00
Tempo antes de malha fechada	0.0	0.0	0.0
Atraso servo-valvulas	0.0	0.0	0.0
Tempo de decompressão Min	0.2	0.2	0.2
Tempo de decompressão Maximo	0.7	0.7	0.7
Tempo de Pressao	0.1	0.1	0.1
Tempo de Pressao min	0.5	0.5	0.5
Tempo de supervisao captador	-	-	-
Distancia regulação avental PMH	-	-	-
PMH valor mínimo	10.00	10.00	10.00
Distancia arranque FA antes PCC	-	-	-
Atraso avental se houve ajuda quinagem	-	-	-
Ponto start dos eixos/FA	-	-	-
Start dos eixos antes/depois FA	-	-	-
Premir	-	-	-
Velocidade GV	-	-	-
Ganho para limitação velocidade	-	-	-
Velocidade subir max PV depois paragem quinagem	-	-	-
Distancia output advanced SCP	-	-	-

## B.2.5 Modelo PM6020

Tabela B.14: Tabela dos Parametros do Comando DNC do Modelo PM6020

Codigo	M00000037	M00000089	M00000102	M00000114	M00000125	M00000126	M00000177
Máquina	PM-6020-PLS	PM-6020-PLS	PM-6020-PLS	PM-6020-PLS	PM-6020-PLS	PM-6020-PLS	PM-6020-PLS
Controlador	S-DNC-64-PS8	S-DNC-64-PS8	S-DNC-884S-PC-P	S-DNC-884S-PC-P	S-DNC-64-PS8	S-DNC-884S-PC-P	S-DNC-884S-PC-P
RAM	-	-	-	-	-	-	-
Malha de Regulação	1	1	1	1	1	1	1
Distancia de aproximação final PMH	0.05	0.05	0.05	0.05	0.05	0.05	0.05
Distancia de aproximação final PMB	0.50	0.50	0.50	0.50	0.50	0.50	0.50
Distancia rampa PV	2.00	0.80	0.80	0.80	0.80	0.80	0.80
Comutação GV	1.20	0.80	0.80	0.80	1.50	1.50	1.50
Fim de Curso Mínimo	240.00	240.00	245.00	220.00	220.00	240.00	240.00
Fim de Curso Máximo	-	495.00	500.00	-	480.00	495.00	495.00
Ref. Em Pressão Y1	-	400.00	400.00	-	400.00	268.60	268.60
Ref. Em Pressão Y2	-	400.00	400.00	-	400.00	268.60	268.60
Index Y1	-	491.80	490.03	-	471.22	492.55	492.55
Index Y2	-	491.87	489.96	-	471.11	492.50	492.50
Posição Y1	-	495.34	505.00	-	470.29	275.49	275.49
Posição Y2	-	495.77	504.98	-	470.57	275.36	275.36
Limite de Sincronismo	15.00	20.00	15.00	15.00	20.00	20.00	20.00
Dist. AF PMS Y (subir)	1.50	-	-	1.00	-	-	-
Distancia desaceleração GV	0.80	1.50	0.50	0.80	1.00	1.00	1.00
Factor velocidade quinagem (descer)	8	10.00	10.00	8	10.00	10.00	10.00
Factor velocidade quinagem (subir)	8	10.00	10.00	8	10.00	10.00	10.00
PMS Max Acima Index	5.00	-	-	5.00	-	-	-
factores de Corr. PCC	-	-	-	-	-	-	-
Tolerancia Medida PCC	-	-	-	-	-	-	-
Correcao Separada PCC	-	-	-	-	-	-	-
Voltagem saída: Pressão Y1	-	0.000	0.000	-	0.000	0.000	0.000
Voltagem saída: Pressão Y2	-	0.000	0.000	-	0.000	0.000	0.000
Tensão Offset Y1	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
Tensão Offset Y2	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
Tensão Min Y1	0.300	0.300	0.300	0.300	0.200	0.200	0.200
Tensão Min Y2	0.300	0.300	0.300	0.300	0.200	0.200	0.200
Rampa final (descer)	1.50	1.00	1.00	1.20	0.50	0.50	0.50
Rampa final (subir)	2.00	1.50	1.50	1.80	1.30	1.30	1.30
Tensão PV (descer)	6.00	4.00	4.00	6.00	8.00	8.00	8.00
Tensão PV (subir)	2.00	1.50	1.50	0.80	1.00	1.00	1.00
Tensão GV (descer)	-	3.50	3.20	-	3.00	3.00	3.00
Tensão GV (subir)	-	4.50	4.00	-	3.50	3.50	3.50
Tensão frenagem Gv	1.50	1.00	1.20	0.80	1.00	1.00	1.00
?????????	3.20	-	-	2.70	-	-	-
Tensão Indexação	3.00	4.00	3.00	3.00	3.00	2.00	2.00
Tensão GV	5.00	-	-	4.50	-	-	-
Tensão comutação GV	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Tensão decompressão	2.50	4.00	3.00	2.00	4.00	3.00	3.00
Tensão modo manual	-	4.00	3.00	-	4.00	4.00	4.00
Ganho de sincronismo GV (descer)	75	70	80	80	80	80	80
Ganho de sincronismo GV (subir)	65	75	80	75	75	75	75
Ganho proporcional PMB	40	40	60	30	55	55	55
Resolução do captador	200.000	200.000	200.000	200.000	200.000	200.000	200.000
Correcção PCC	-0.20	-	-0.30	-	-	-0.30	-0.30
Correcção BDC	-	-	-	-	-	-	-
Correcção PMB Pmax	-	-0.25	-0.35	-0.15	-0.12	-0.40	-0.40
Tensão Inicial (descer)	-	-	-	-	-	-	-
Tensão Inicial (subir)	-	-	-	-	-	-	-
Distancia de aceleração (descer)	35.00	35.00	40.00	45.00	45.00	45.00	45.00
Distancia de aceleração (subir)	45.00	35.00	40.00	35.00	50.00	50.00	50.00
Distancia de desaceleração (descer)	5.00	35.00	40.00	30.00	30.00	30.00	30.00
Distancia de desaceleração (subir)	45.00	30.00	40.00	30.00	45.00	45.00	45.00
Fim de Quinagem antes de pressão	0	N	N	0	N	N	N
PCC antes de recuar	1	Y	Y	1	Y	Y	Y
Tempo de Comutação GV-PV	0.2	0.1	0.3	0.3	0.1	0.1	0.1
Tempo de comutação descer-subir	-	0.3	0.3	0.2	0.3	0.3	0.3
Atraso Pressão comutação PV	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Tempo antes de malha fechada	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
Atraso servo-valvulas	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
Tempo de decompressão Min	0.2	0.2	0.3	0.1	0.2	0.2	0.2
Tempo de decompressão Máximo	0.7	0.7	0.2	0.5	0.7	0.7	0.7
Tempo de Pressao	-	0.1	0.1	-	0.1	0.1	0.1
Tempo de Pressao min	-	0.5	0.5	-	0.5	0.5	0.5
Tempo de supervisao captador	-	-	-	-	-	-	-
Distancia regulação avental PMH	-	-	-	-	-	-	-
PMH valor mínimo	10.00	10.00	10.00	10.00	10.00	10.00	10.00
Distancia arranque FA antes PCC	-	-	-	-	-	-	-
Atraso avental se houve ajuda quinagem	-	-	-	-	-	-	-
Ponto start dos eixos/FA	-	-	-	-	-	-	-
Start dos eixos antes/depois FA	-	-	-	-	-	-	-
Premir	-	-	-	-	-	-	-
Velocidade GV	-	-	-	-	-	-	-
Ganho para limitação velocidade	-	-	-	-	-	-	-
Velocidade subir max PV depois paragem quinagem	-	-	-	-	-	-	-
Distancia output advanced SCP	-	-	-	-	-	-	-

## B.2.6 Modelo PM9025

Tabela B.15: Tabela dos Parametros do Comando DNC do Modelo PM9025

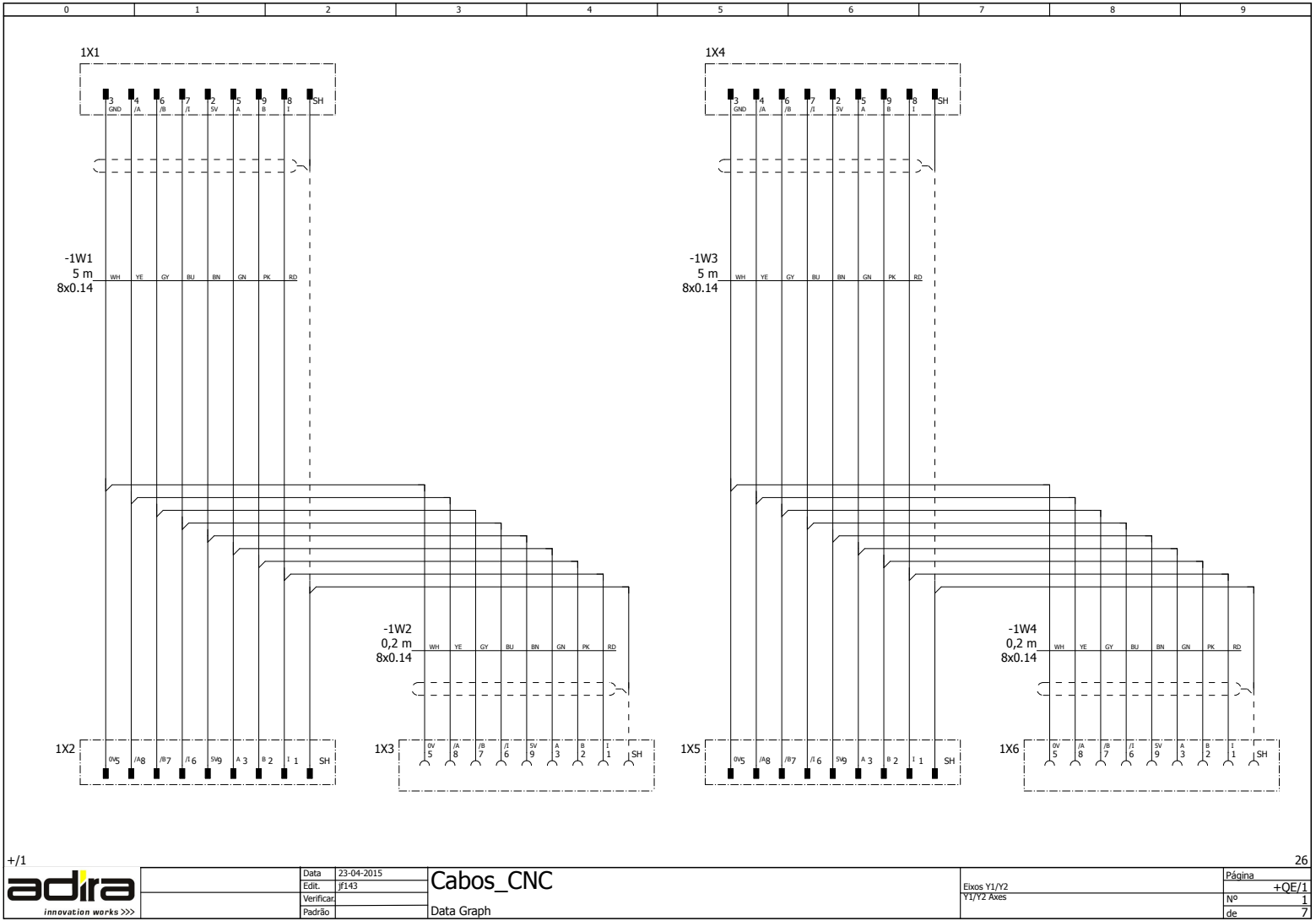
Codigo	M00000170	M00000113
Máquina	PM-9025	PM-9025-PLS
Controlador	S-DNC-884S-PC-P	S-DNC-884S-PC-P
RAM	-	-
Malha de Regulação	1	1
Distancia de aproximação final PMH	0.05	0.05
Distancia de aproximação final PMB	0.50	0.50
Distancia rampa PV	0.80	0.80
Comutação GV	1.20	0.80
Fim de Curso Mínimo	240.00	245.00
Fim de Curso Máximo	495.00	495.00
Ref. Em Pressão Y1	400.00	269.50
Ref. Em Pressão Y2	400.00	269.50
Index Y1	491.95	487.37
Index Y2	491.84	487.18
Posição Y1	503.83	330.42
Posição Y2	503.90	329.17
Limite de Sincronismo	20.00	20.00
Dist. AF PMS Y (subir)	-	-
Distancia desaceleração GV	2.00	1.50
Factor velocidade quinagem (descer)	10.00	10.00
Factor velocidade quinagem (subir)	10.00	10.00
PMS Max Acima Index	-	-
factores de Corr. PCC	-	-
Tolerancia Medida PCC	-	-
Correcao Separada PCC	-	-
Voltagem saída: Pressão Y1	0.000	0.000
Voltagem saída: Pressão Y2	0.000	0.000
Tensão Offset Y1	0.000	0.000
Tensão Offset Y2	0.000	0.000
Tensão Min Y1	0.200	0.100
Tensão Min Y2	0.200	0.100
Rampa final (descer)	0.80	0.80
Rampa final (subir)	2.00	1.50
Tensão PV (descer)	7.00	4.00
Tensão PV (subir)	1.20	1.50
Tensão GV (descer)	3.00	2.50
Tensão GV (subir)	3.50	3.20
Tensão frenagem Gv	0.80	1.50
?????????	-	-
Tensão Indexação	2.50	2.50
Tensão GV	-	-
Tensão comutação GV	0.00	0.00
Tensão decompressão	4.00	4.00
Tensão modo manual	4.00	3.50
Ganho de sincronismo GV (descer)	80	80
Ganho de sincronismo GV (subir)	80	60
Ganho proporcional PMB	55	60
Resolução do captador	200.000	200.000
Correcção PCC	-0.40	-
Correcção BDC	-	-
Correcção PMB Pmax	-0.45	-0.15
Tensão Inicial (descer)	-	-
Tensão Inicial (subir)	-	-
Distancia de aceleração (descer)	40.00	35.00
Distancia de aceleração (subir)	40.00	45.00
Distancia de desaceleração (descer)	10.00	35.00
Distancia de desaceleração (subir)	35.00	30.00
Fim de Quinagem antes de pressão	N	N
PCC antes de recuar	Y	Y
Tempo de Comutação GV-PV	0.1	0.3
Tempo de comutação descer-subir	0.3	0.3
Atraso Pressão comutação PV	0.00	0.00
Tempo antes de malha fechada	0.0	0.0
Atraso servo-valvulas	0.0	0.0
Tempo de decompressão Min	0.2	0.2
Tempo de decompressão Máximo	0.7	0.7
Tempo de Pressao	0.1	0.1
Tempo de Pressao min	0.5	0.5
Tempo de supervisao captador	-	-
Distancia regulação avental PMH	-	-
PMH valor mínimo	10.00	10.00
Distancia arranque FA antes PCC	-	-
Atraso avental se houve ajuda quinagem	-	-
Ponto start dos eixos/FA	-	-
Start dos eixos antes/depois FA	-	-
Premir	-	-
Velocidade GV	-	-
Ganho para limitação velocidade	-	-
Velocidade subir max PV depois paragem quinagem	-	-
Distancia output advanced SCP	-	-



## **Anexo C**

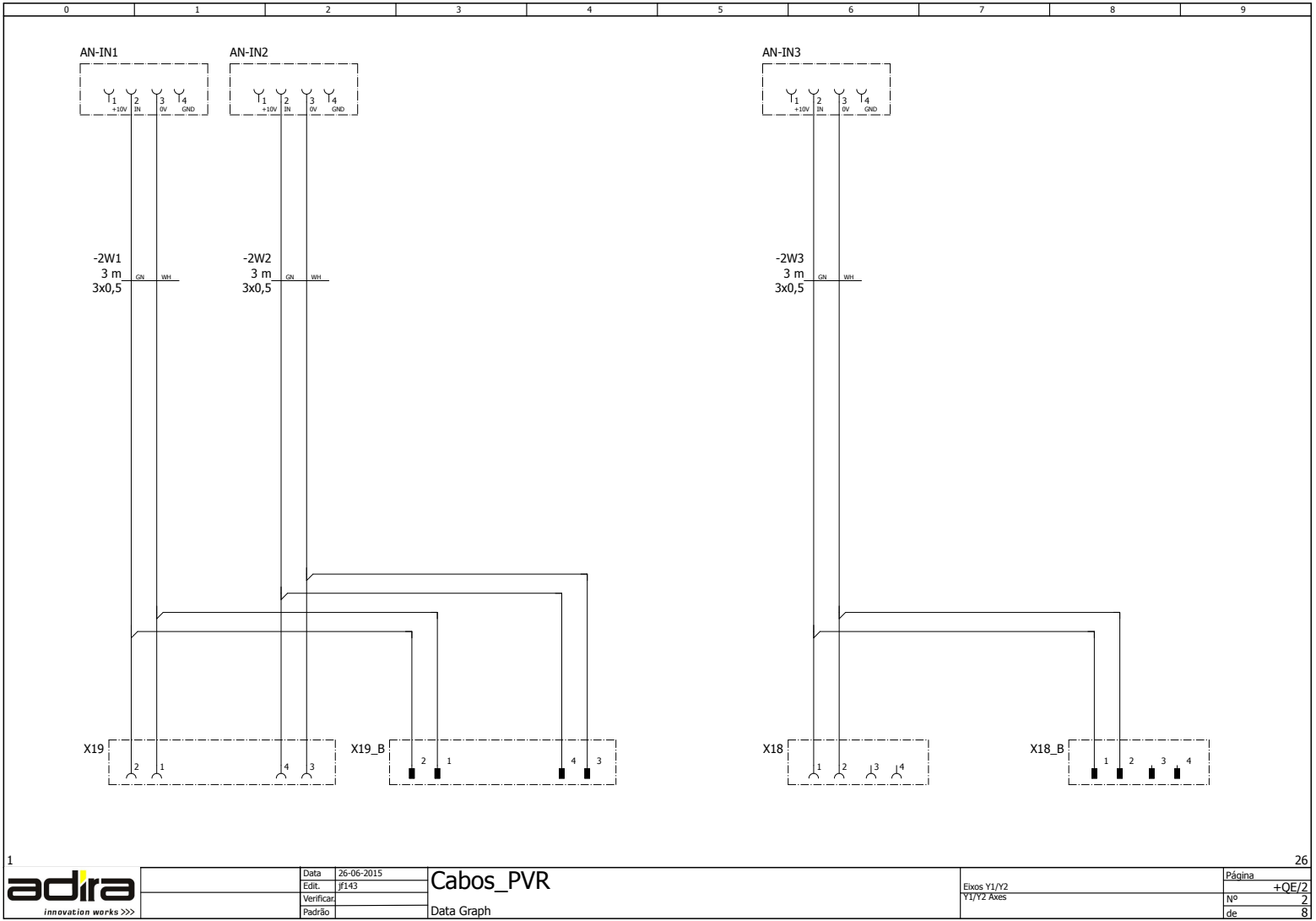
# **Ligações**

### **C.1 Esquemático dos cabos entre o Comando Externo e as réguas lineares**



	Data		23-04-2015	Cabos_CNC	Eixos Y1/Y2 Y1/Y2 Axes	Página		+QE/1
	Edit.		jf143			Nº		1
	Verificar					de		7
	Padrão							
Data Graph								

## **C.2 Esquemático dos cabos entre o Comando Externo e o PVR**



## Anexo D

# Resultados do Teste do Software

Os resultados apresentados surgem da aquisição de três testes distintos em máquinas distintas, por forma a comprovar o funcionamento do software.

### D.1 Ensaio 17

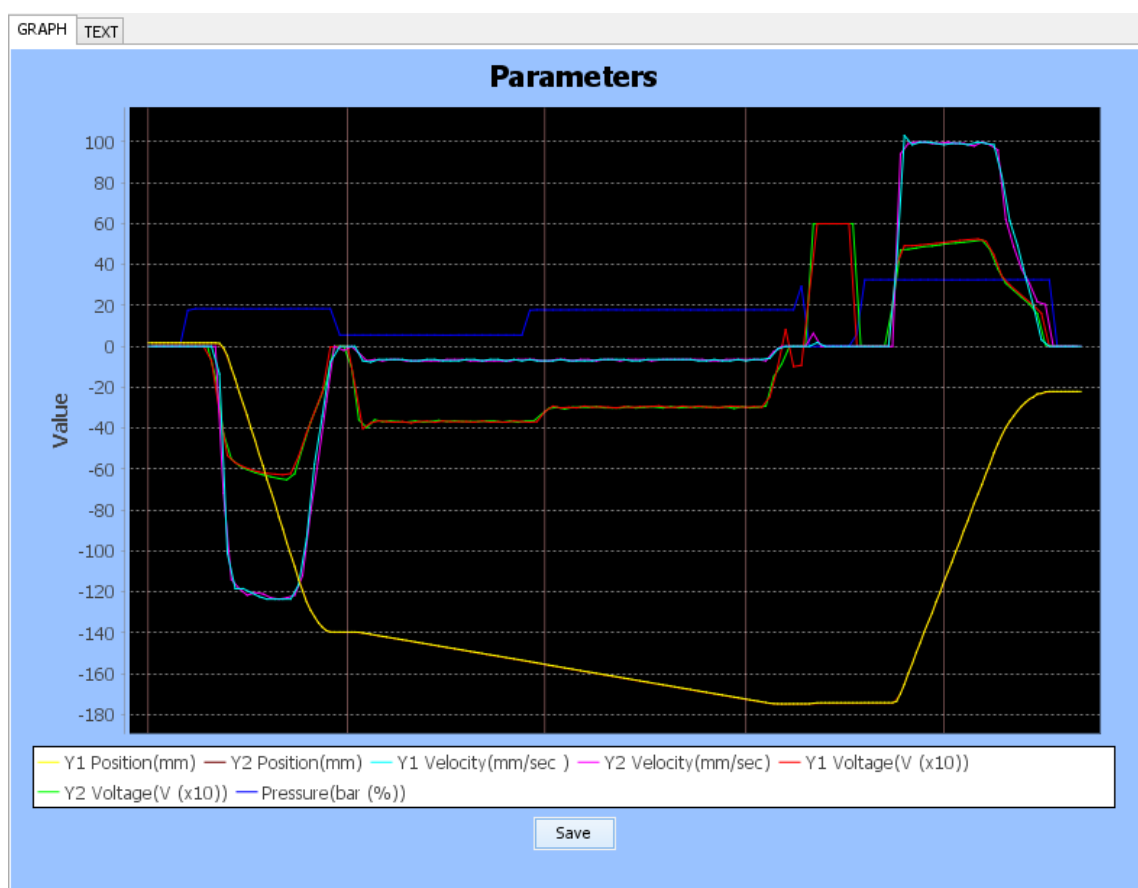


Figura D.1: Gráfico Máquina M222 Ensaio 17

-----  
-----  
Informação da Quinadora:  
-----  
-----

Número de Série: M00000222  
Modelo: PM13530  
Comando: Adcontrol  
-----  
-----

\*\*\*\*\*INICIO DE CICLO\*\*\*\*\*  
-----  
-----

Descida Rápida

Delay Valvulas:  
400 ms // 0.4 s // <= 460.0  
Status: OK  
  
Aceleração:  
250 ms // 0.25 s // <= 200.0  
Status: ERRO  
  
Desaceleração:  
450 ms // 0.45 s // <= 560.0  
Status: OK  
  
SpeedChangeTime:  
50 ms // 0.05 s // <= 160.0  
Status: OK  
-----

Velocidade Maxima Y1: 124.16 mm/s

Velocidade Maxima Y2: 123.52 mm/s

Tensão Máxima Y1: 6.29 V

Tensão Máxima Y2: 6.52 V  
-----

Result\_M00000222.txt

Velocidade Média Y1: 121.8 mm/s

Velocidade Média Y2: 121.2 mm/s

Tensão Média Y1: 6.07 V

Tensão Média Y2: 6.22 V

-----  
Tempo de Fase: 1900 ms // 1.9 s  
-----  
-----  
-----  
-----

#### Descida Lenta

Aceleração:

100 ms // 0.1 s // <= 200.0

Status: OK

Desaceleração Lenta:

250 ms // 0.25 s // <= 240.0

Status: ERRO

-----  
Velocidade Maxima Y1: 7.68 mm/s

Velocidade Maxima Y2: 7.68 mm/s

Tensão Máxima Y1: 4.02 V

Tensão Máxima Y2: 4.1 V  
-----

Velocidade Média Y1: 6.71 mm/s

Velocidade Média Y2: 6.71 mm/s

Tensão Média Y1: 3.29 V

Tensão Média Y2: 3.29 V  
-----

Tempo de Fase: 5850 ms // 5.85 s

Descompressão

Tensão Máxima Y1: 6.0 V

Tensão Máxima Y2: 6.0 V

Tempo de Fase: 650 ms // 0.65 s

Subida Rápida

Tempo Inicial:  
500 ms // 0.5 s // <= 560.0  
Status: OK

Aceleração:  
150 ms // 0.15 s // <= 200.0  
Status: OK

Desaceleração:  
600 ms // 0.6 s // <= 680.0  
Status: OK

Velocidade Máxima Y1: 103.04 mm/s

Velocidade Máxima Y2: 103.04 mm/s

Tensão Máxima Y1: 5.26 V

Tensão Máxima Y2: 5.2 V



Result\_M00000222.txt  
Velocidade Média Y1: 98.08 mm/s  
Velocidade Média Y2: 98.29 mm/s  
Tensão Média Y1: 4.93 V  
Tensão Média Y2: 4.84 V

-----  
Tempo de Fase: 2450 ms // 2.45 s  
-----  
-----

Dados do Ciclo:

-----  
-----  
Tensão Máxima do Ciclo Y1: 6.0 V  
Tensão Máxima do Ciclo Y2: 6.0 V  
Tensão Mínima do Ciclo Y1: 0.0 V  
Tensão Mínima do Ciclo Y2: 0.0 V  
-----

Velocidade Média do Ciclo Y1: 32.52 mm/s  
Velocidade Média do Ciclo Y2: 32.53 mm/s  
-----

Curso do Ciclo Y1: 176.41 mm  
Curso do Ciclo Y2: 176.49 mm  
-----

Tempo de Ciclo: 10850 ms // 10.85 s  
-----  
-----

\*\*\*\*\*FIM DE CICLO\*\*\*\*\*  
-----  
-----

## D.2 Ensaio 18

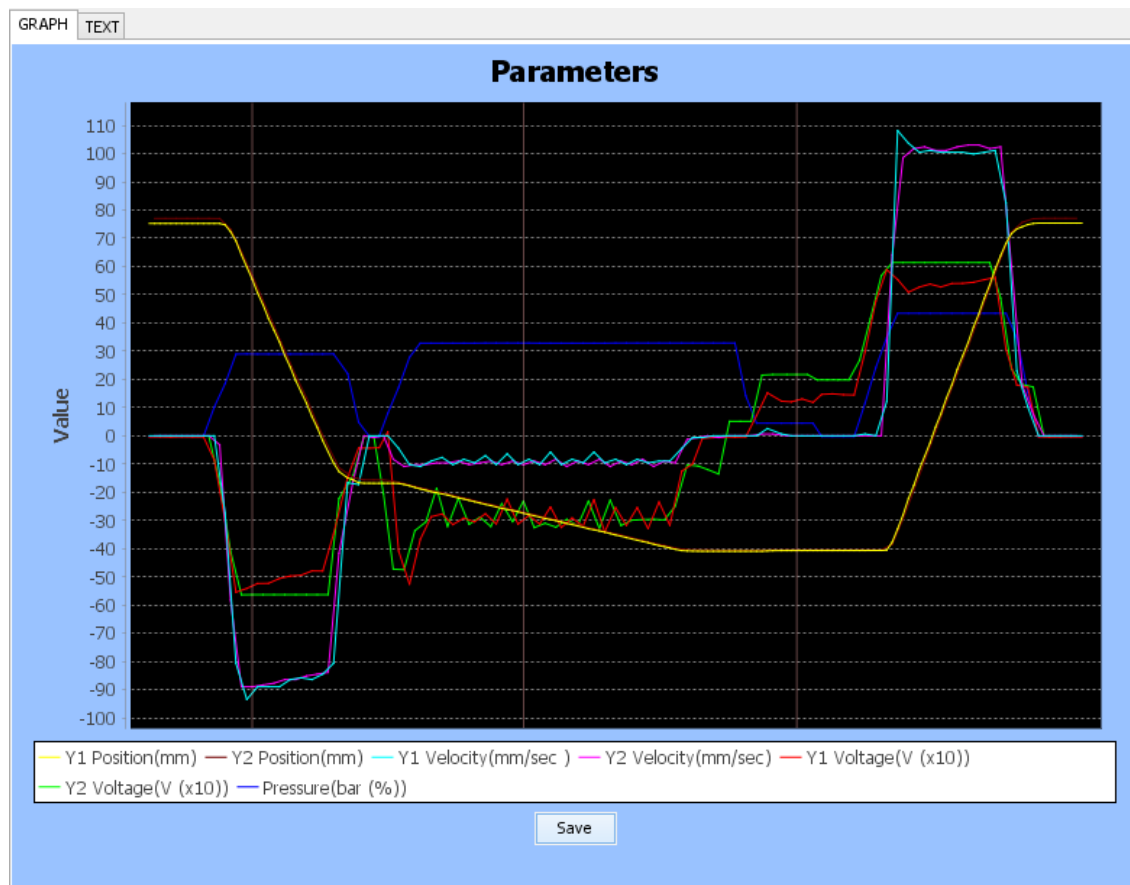


Figura D.2: Gráfico Máquina M298 Ensaio 18

-----  
-----  
Informação da Quinadora:  
-----  
-----

Número de Série: M00000298  
Modelo: PM13530  
Comando: Cybelec  
-----  
-----

\*\*\*\*\*INICIO DE CICLO\*\*\*\*\*  
-----  
-----

Descida Rápida

Delay Valvulas:  
150 ms // 0.15 s // <= 460.0  
Status: OK  
  
Aceleração:  
200 ms // 0.2 s // <= 200.0  
Status: OK  
  
Desaceleração:  
200 ms // 0.2 s // <= 560.0  
Status: OK  
  
SpeedChangeTime:  
200 ms // 0.2 s // <= 160.0  
Status: ERRO  
-----  
-----

Velocidade Maxima Y1: 93.44 mm/s

Velocidade Maxima Y2: 90.24 mm/s

Tensão Máxima Y1: 5.55 V

Tensão Máxima Y2: 5.64 V  
-----  
-----

Result\_M00000298.txt

Velocidade Média Y1: 83.77 mm/s

Velocidade Média Y2: 83.88 mm/s

Tensão Média Y1: 4.79 V

Tensão Média Y2: 5.37 V

-----  
Tempo de Fase: 1600 ms // 1.6 s  
-----  
-----  
-----  
-----

#### Descida Lenta

Aceleração:

100 ms // 0.1 s // <= 200.0

Status: OK

Desaceleração Lenta:

450 ms // 0.45 s // <= 240.0

Status: ERRO

-----  
Velocidade Maxima Y1: 10.88 mm/s

Velocidade Maxima Y2: 10.88 mm/s

Tensão Máxima Y1: 5.26 V

Tensão Máxima Y2: 4.75 V  
-----

Velocidade Média Y1: 9.14 mm/s

Velocidade Média Y2: 9.2 mm/s

Tensão Média Y1: 2.95 V

Tensão Média Y2: 2.86 V  
-----

Tempo de Fase: 3300 ms // 3.3 s

Descompressão

Tensão Máxima Y1: 2.34 V

Tensão Máxima Y2: 2.67 V

Tempo de Fase: 1100 ms // 1.1 s

Subida Rápida

Tempo Inicial:  
300 ms // 0.3 s // <= 560.0  
Status: OK

Aceleração:  
250 ms // 0.25 s // <= 200.0  
Status: ERRO

Desaceleração:  
250 ms // 0.25 s // <= 680.0  
Status: OK

Velocidade Máxima Y1: 108.16 mm/s

Velocidade Máxima Y2: 103.68 mm/s

Tensão Máxima Y1: 5.69 V

Tensão Máxima Y2: 6.14 V

Result\_M00000298.txt

Velocidade Média Y1: 97.24 mm/s

Velocidade Média Y2: 99.59 mm/s

Tensão Média Y1: 5.03 V

Tensão Média Y2: 5.72 V

-----  
Tempo de Fase: 1650 ms // 1.65 s  
-----  
-----

Dados do Ciclo:

-----  
-----  
Tensão Máxima do Ciclo Y1: 5.88 V

Tensão Máxima do Ciclo Y2: 6.14 V

Tensão Mínima do Ciclo Y1: 0.0 V

Tensão Mínima do Ciclo Y2: 0.0 V  
-----

Velocidade Média do Ciclo Y1: 30.4 mm/s

Velocidade Média do Ciclo Y2: 30.75 mm/s  
-----

Curso do Ciclo Y1: 116.29 mm

Curso do Ciclo Y2: 117.63 mm  
-----

Tempo de Ciclo: 7650 ms // 7.65 s  
-----  
-----

\*\*\*\*\*FIM DE CICLO\*\*\*\*\*  
-----  
-----

## D.3 Ensaio 19

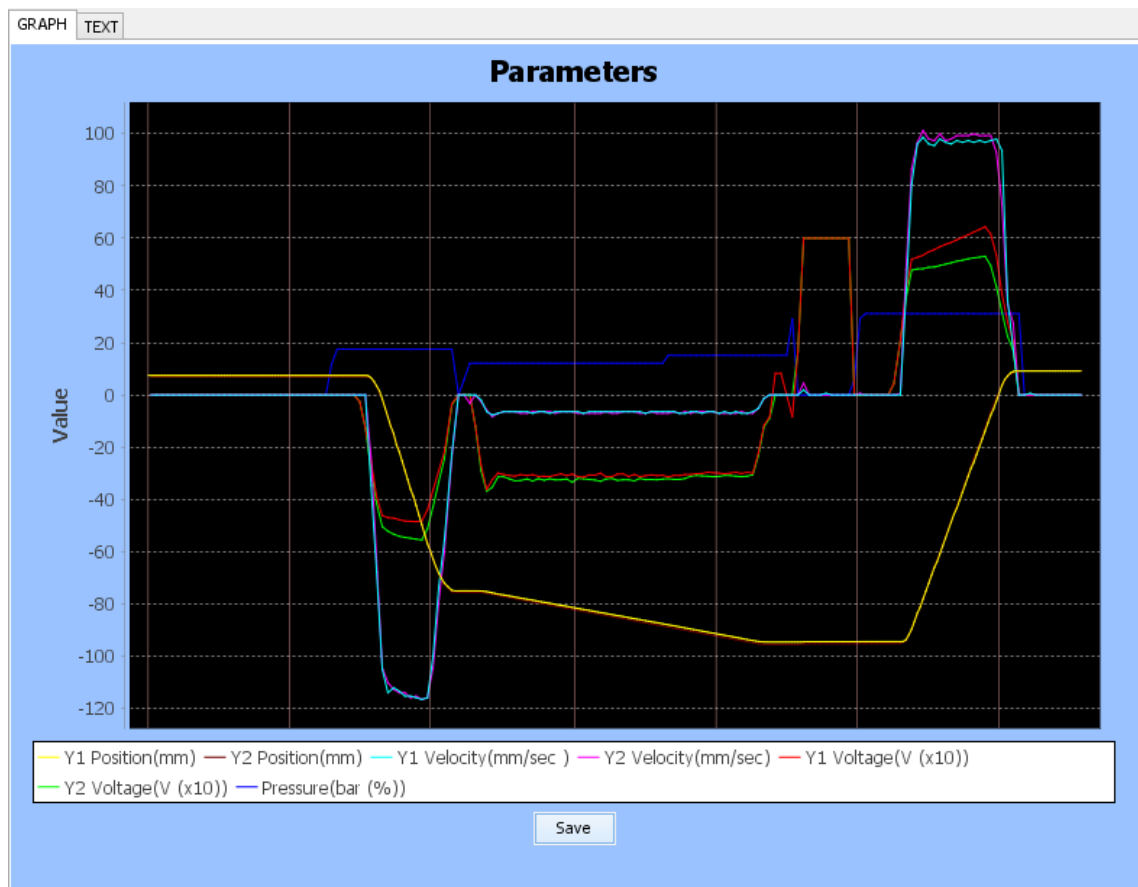


Figura D.3: Gráfico Máquina M309 Ensaio 19

-----  
-----  
Informação da Quinadora:  
-----  
-----

Número de Série: M00000309  
Modelo: PM13530  
Comando: Adcontrol  
-----  
-----

\*\*\*\*\*INICIO DE CICLO\*\*\*\*\*  
-----  
-----

Descida Rápida

Delay Valvulas:  
390 ms // 0.39 s // <= 460.0  
Status: OK  
  
Aceleração:  
210 ms // 0.21 s // <= 200.0  
Status: ERRO  
  
Desaceleração:  
240 ms // 0.24 s // <= 560.0  
Status: OK  
  
SpeedChangeTime:  
90 ms // 0.09 s // <= 160.0  
Status: OK  
-----  
-----

Velocidade Maxima Y1: 117.12 mm/s

Velocidade Maxima Y2: 116.48 mm/s

Tensão Máxima Y1: 4.85 V

Tensão Máxima Y2: 5.55 V  
-----  
-----



Result\_M00000309.txt

Velocidade Média Y1: 114.48 mm/s

Velocidade Média Y2: 114.24 mm/s

Tensão Média Y1: 4.73 V

Tensão Média Y2: 5.38 V

-----  
Tempo de Fase: 1380 ms // 1.38 s  
-----  
-----  
-----  
-----

#### Descida Lenta

Aceleração:

120 ms // 0.12 s // <= 200.0

Status: OK

Desaceleração Lenta:

180 ms // 0.18 s // <= 240.0

Status: OK

-----  
Velocidade Maxima Y1: 7.68 mm/s

Velocidade Maxima Y2: 8.32 mm/s

Tensão Máxima Y1: 3.62 V

Tensão Máxima Y2: 3.78 V  
-----

Velocidade Média Y1: 6.61 mm/s

Velocidade Média Y2: 6.73 mm/s

Tensão Média Y1: 3.06 V

Tensão Média Y2: 3.2 V  
-----

Tempo de Fase: 3510 ms // 3.51 s

Descompressão

Tensão Máxima Y1: 5.99 V

Tensão Máxima Y2: 5.99 V

Tempo de Fase: 630 ms // 0.63 s

Subida Rápida

Tempo Inicial:  
510 ms // 0.51 s // <= 560.0  
Status: OK

Aceleração:  
180 ms // 0.18 s // <= 200.0  
Status: OK

Desaceleração:  
180 ms // 0.18 s // <= 680.0  
Status: OK

Velocidade Máxima Y1: 101.76 mm/s

Velocidade Máxima Y2: 101.76 mm/s

Tensão Máxima Y1: 6.46 V

Tensão Máxima Y2: 5.3 V

Result\_M00000309.txt

Velocidade Média Y1: 96.85 mm/s

Velocidade Média Y2: 96.92 mm/s

Tensão Média Y1: 5.77 V

Tensão Média Y2: 4.91 V

-----  
Tempo de Fase: 1770 ms // 1.77 s  
-----  
-----

Dados do Ciclo:

-----  
-----  
Tensão Máxima do Ciclo Y1: 6.46 V

Tensão Máxima do Ciclo Y2: 5.99 V

Tensão Mínima do Ciclo Y1: 0.0 V

Tensão Mínima do Ciclo Y2: 0.0 V  
-----

Velocidade Média do Ciclo Y1: 28.44 mm/s

Velocidade Média do Ciclo Y2: 28.7 mm/s  
-----

Curso do Ciclo Y1: 103.66 mm

Curso do Ciclo Y2: 104.62 mm  
-----

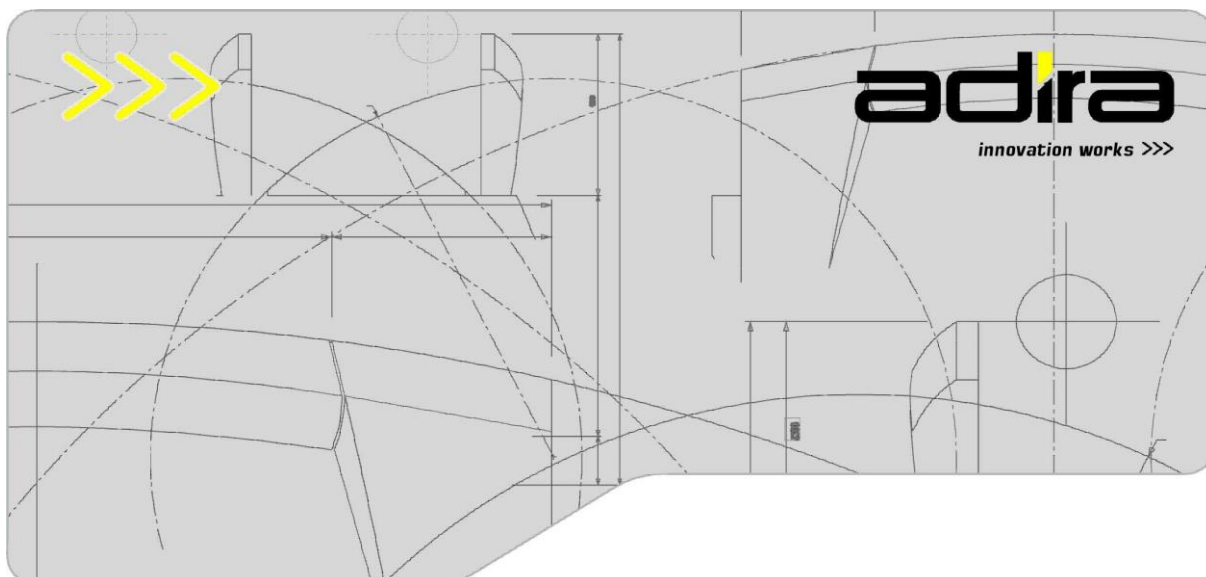
Tempo de Ciclo: 7290 ms // 7.29 s  
-----  
-----

\*\*\*\*\*FIM DE CICLO\*\*\*\*\*  
-----  
-----



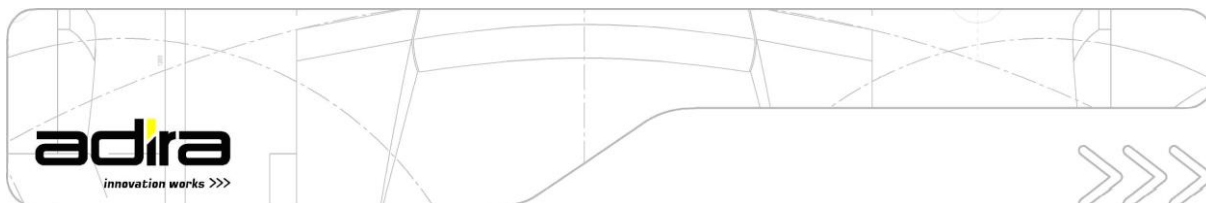
## **Anexo E**

# **Manual de Utilizador AdiraPbCycle**



# Manual de Utilizador AdiraPBCycle

---



## INDEX

<b>1.</b>	<b>PREPARAÇÃO DO COMANDO</b>	<b>1</b>
1.1.	Ligações	1
1.2.	Ligar a célula de análise	2
<b>2.</b>	<b>COMO UTILIZAR A CÉLULA DE ANÁLISE</b>	<b>3</b>
2.1.	Aquisição de Dados	3
2.2.	Análise de Dados	4
<b>3.</b>	<b>RESULTADOS</b>	<b>6</b>
<b>4.</b>	<b>CONCLUSÃO DA UTILIZAÇÃO DA CÉLULA DE ANÁLISE</b>	<b>8</b>
<b>5.</b>	<b>CUSTOMIZAÇÃO</b>	<b>9</b>
5.1.	Inserir Nova Máquina	9
5.2.	Alterar o Programa AdiraPbCycle	10

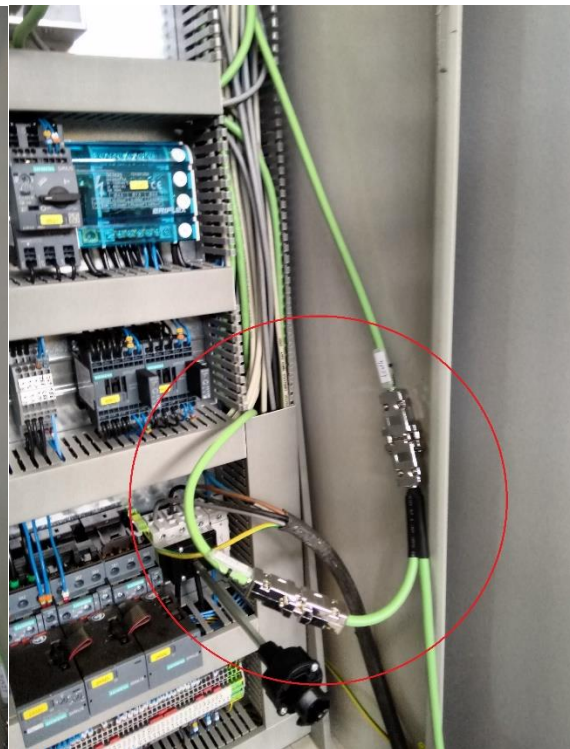
## 1. PREPARAÇÃO DO COMANDO

### 1.1. LIGAÇÕES

- Realizar as seguintes ligações:
  - Ligar as réguas lineares



**Figura 1:** Ligeação Cabo Y1



**Figura 2:** Ligeação Cabo Y2



- Ligar ao Proportional Valve Regulation (PVR)

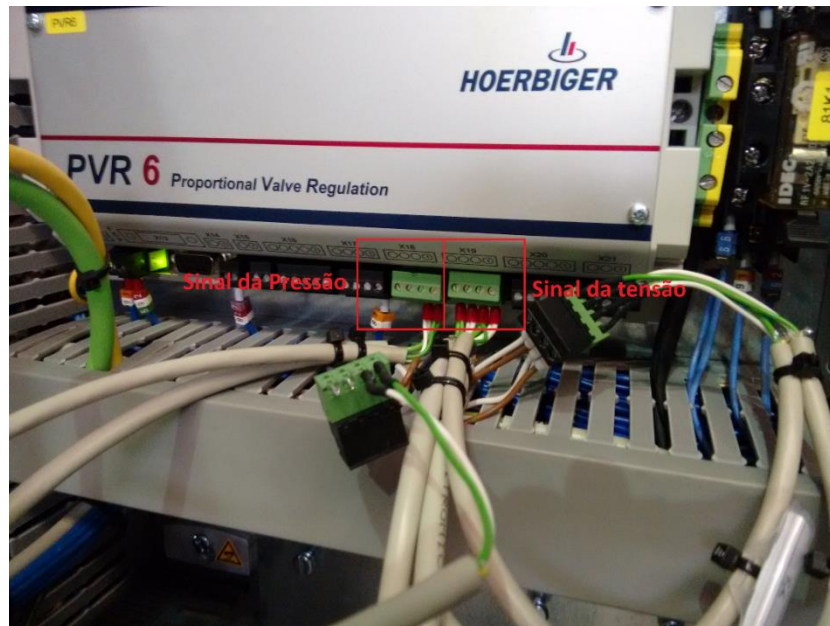


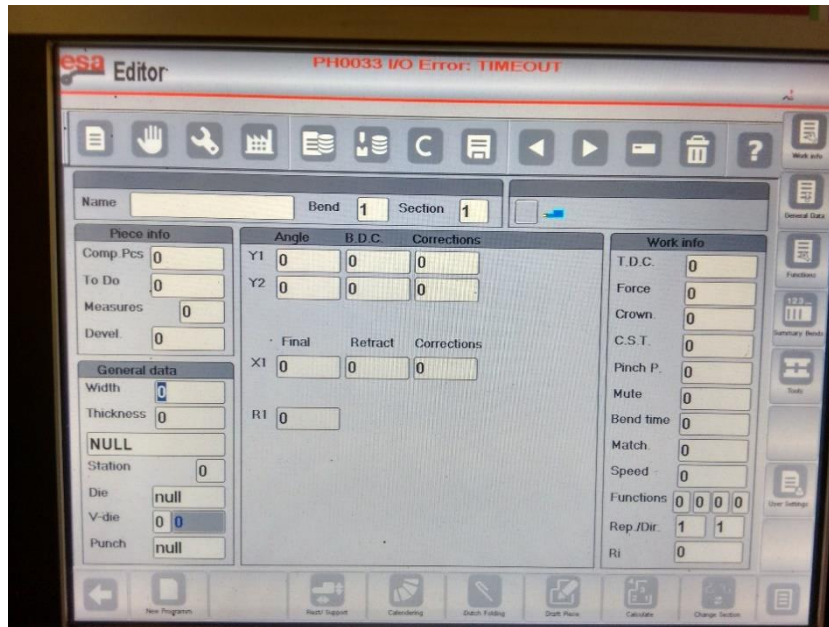
Figura 3: Ligação ao PVR

## 1.2. LIGAR A CÉLULA DE ANÁLISE


- Ligar o comando
  - Ligar o cabo de alimentação do comando

## 2. COMO UTILIZAR A CÉLULA DE ANÁLISE

- Após o início do comando aparece a seguinte imagem:

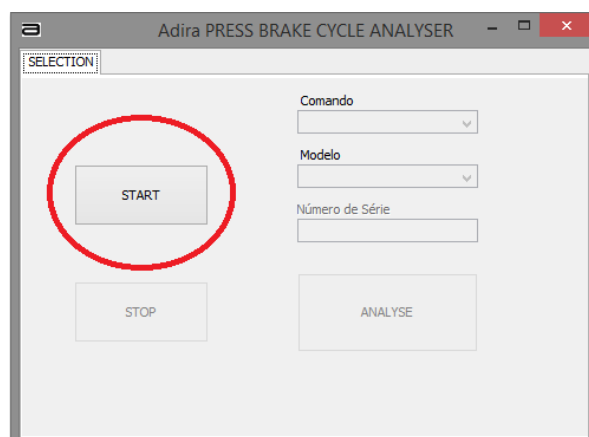


**Figura 5:** Imagem após início do Comando A50

- Clicar tecla Windows + D (  + D )
- Para correr o programa AdiraPBCycle basta clicar duas vezes no atalho **adirapbcycle.exe** no ambiente de trabalho

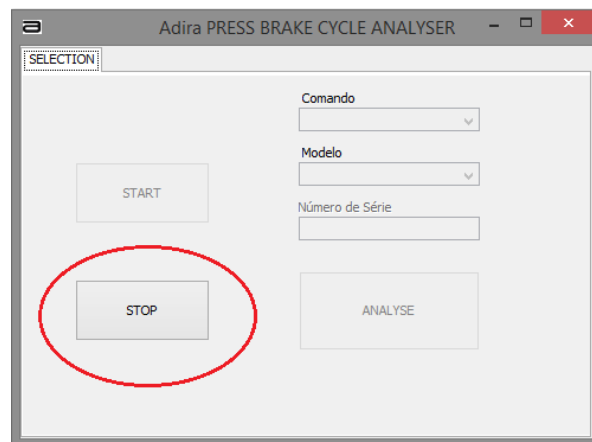
### 2.1. AQUISIÇÃO DE DADOS

- Para começar a adquirir dados basta clicar uma vez no botão **Start**



**Figura 6:** Botão de Start

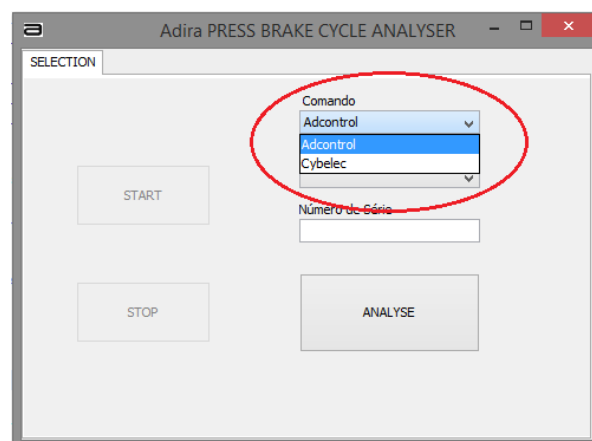
- Para parar a aquisição de dados basta clicar uma vez no botão **Stop**



**Figura 7:** Botão de Stop

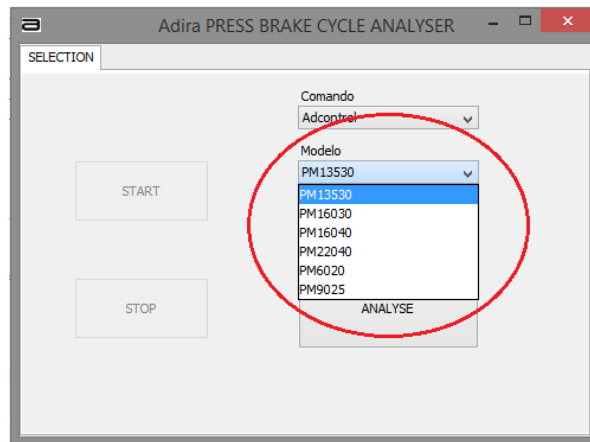
## 2.2. ANÁLISE DE DADOS

- Antes de iniciar a análise de dados é necessário realizar os seguintes passos:
  - Selecionar o **Comando**



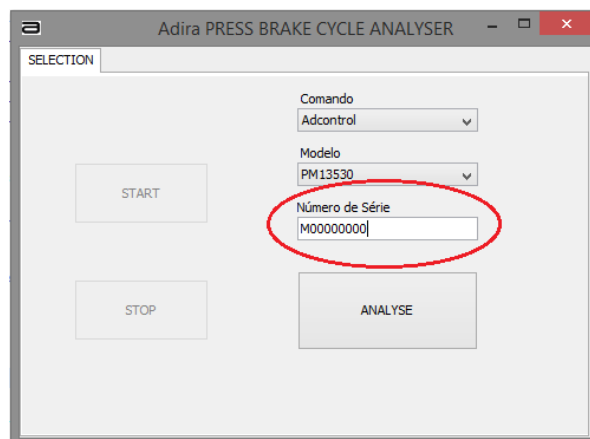
**Figura 8:** Selecção do Comando da Quinadora

- Selecionar **Modelo**



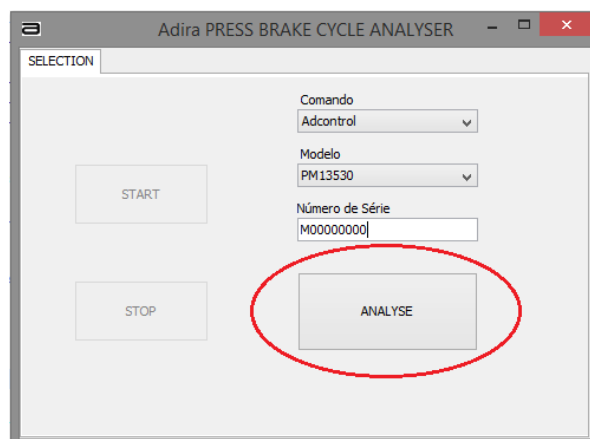
**Figura 9:** Selecção do Modelo da Quinadora

- Preencher o Campo **Número de Série** com o número de série da máquina



**Figura 10:** Número de Série

- Para realizar a análise dos dados clicar no botão **Analyse**

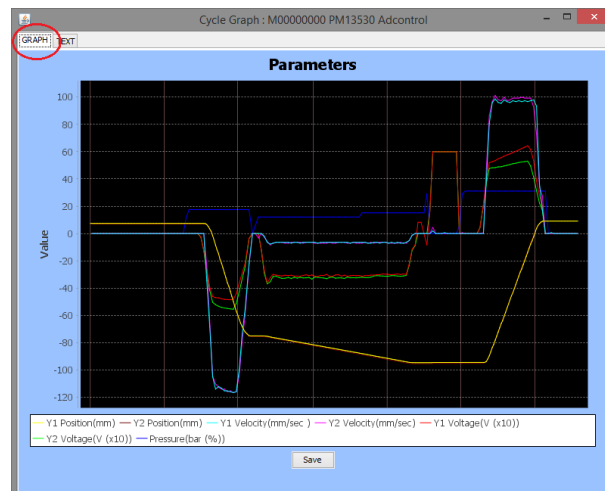


**Figura 11:** Botão Analyse

### 3. RESULTADOS

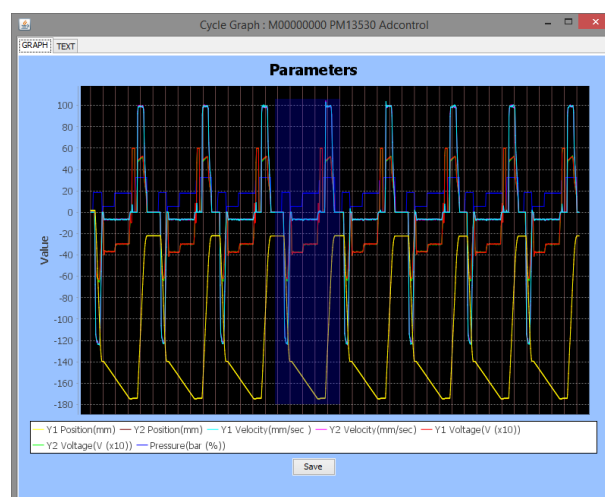
A janela dos resultados tem duas *tabs* diferentes uma para gráfico e uma para os ficheiro de resultados

- Para a janela do Gráfico ter seleccionado a *tab* **GRAPH**



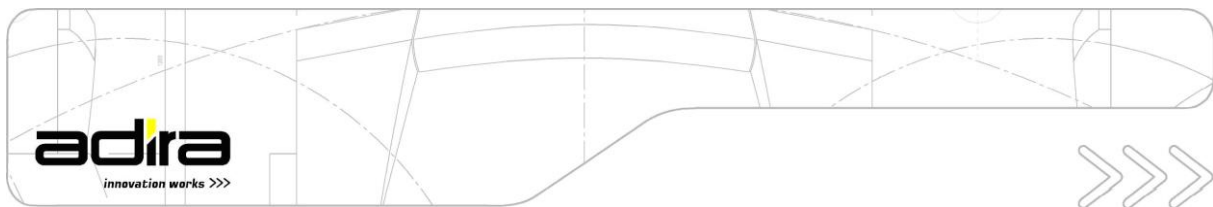
**Figura 12:** Display do Gráfico

- Para guardar a imagem do gráfico clicar no botão **save**
- Para situações em que se faz uma grande aquisição, seleccionar apenas um ciclo (selecção feita com o rato[dedo]):

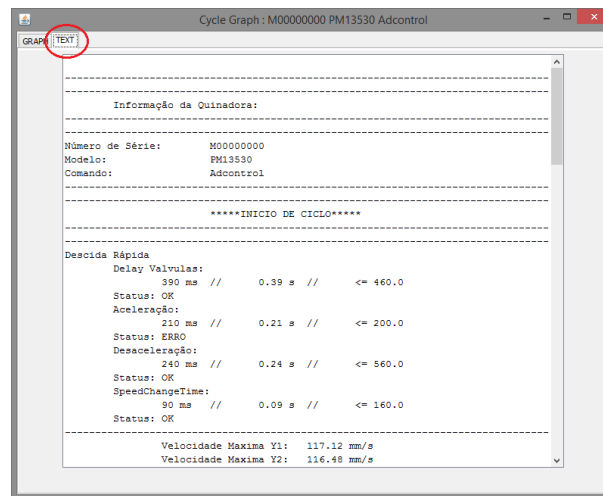


**Figura 13:** Selecção de um ciclo do gráfico

- Guardar a imagem seleccionada

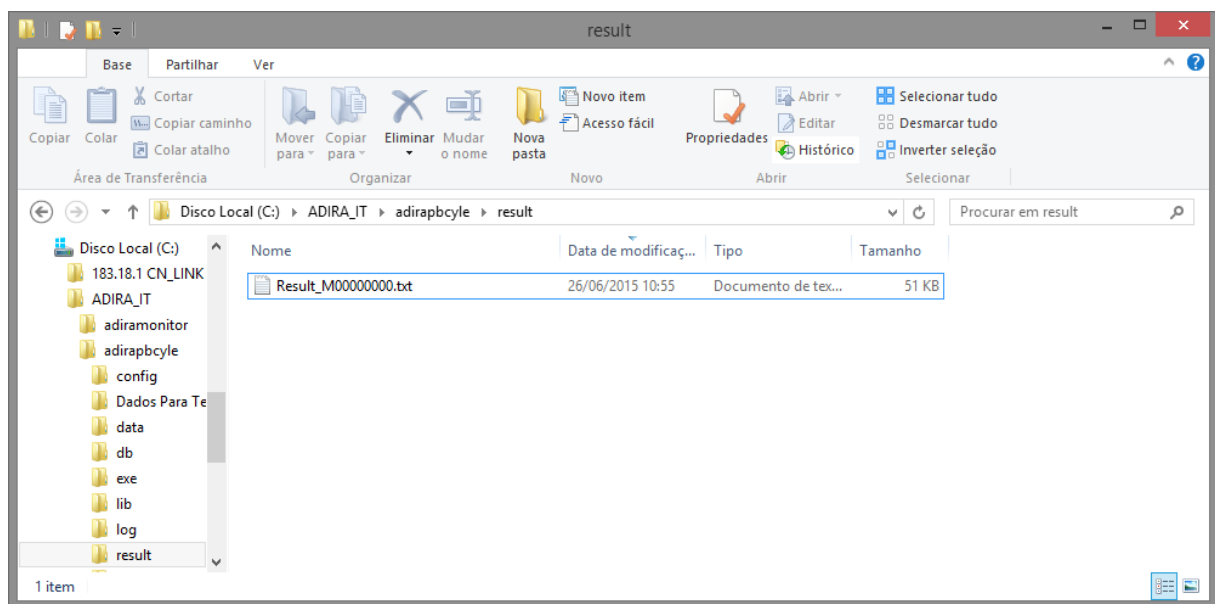


- Para a janela dos Resultados em texto ter seleccionado a *tab* TEXT



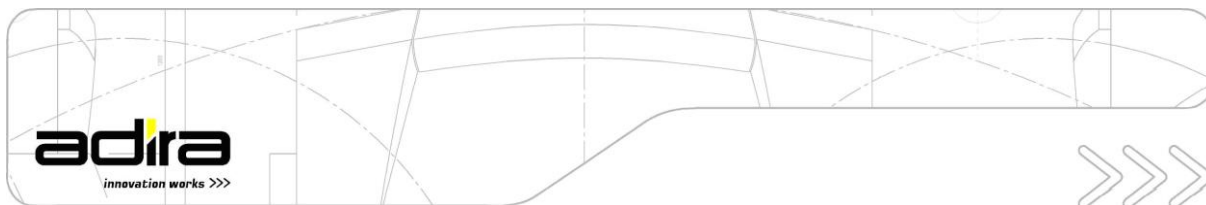
**Figura 14:** Display da informação textual

- Para guardar esta informação recolher o ficheiro Result\_Mxxxxxxxx.txt



**Figura 15:** Localização do Ficheiro

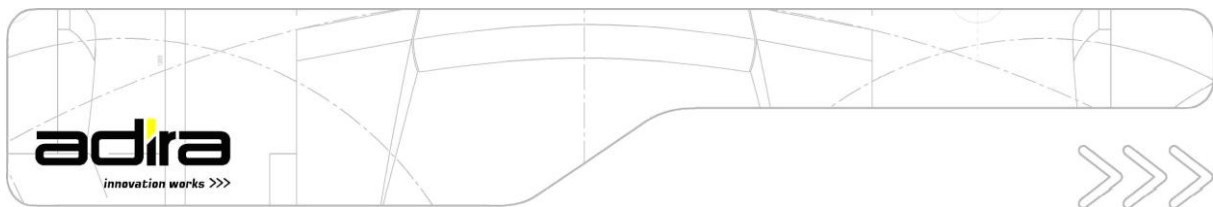
**NOTA:** É necessário ter uma pen ligada ao comando A50 para recolher os dados para o exterior do comando



## 4. CONCLUSÃO DA UTILIZAÇÃO DA CÉLULA DE ANÁLISE

- Após a utilização da Célula de Análise
  - Realizar o *Shutdown* da Célula de Análise pelo Programa ESA
  - Realizar o *Shutdown* do Comando da Quinadora pelo Programa ESA
- Após ambos os Comandos estarem Desligados
  - Remover as ligações
- Após a remoção das ligações estarem concluídas
  - Ligar novamente a Quinadora

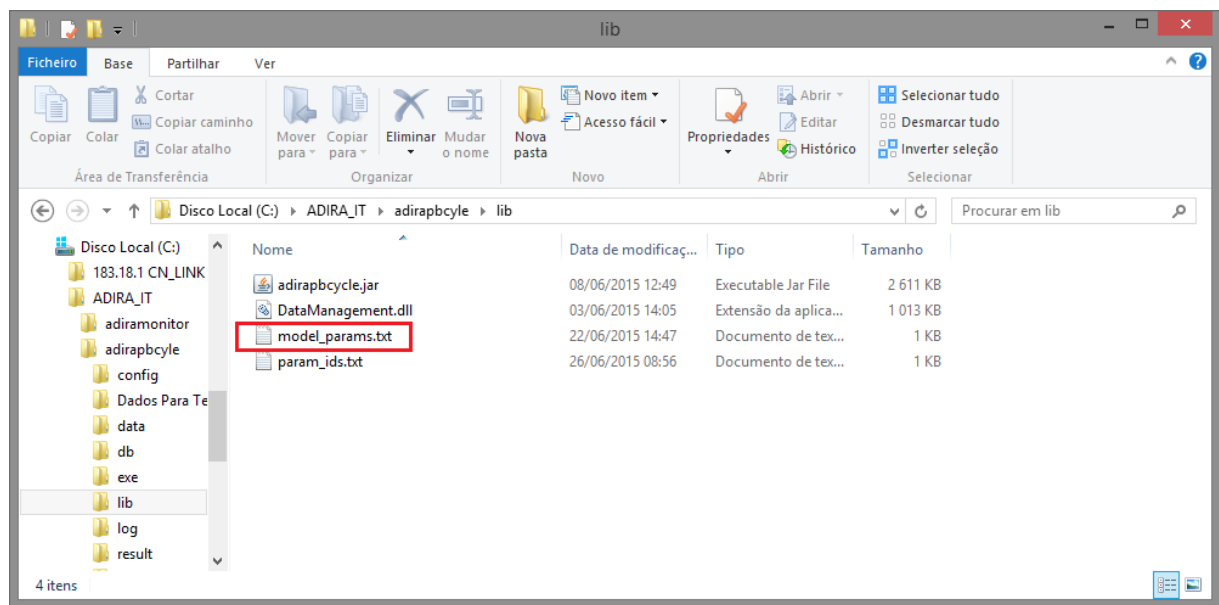
**NOTA:** Caso estes passos não sejam realizados pela ordem apresentada e as ligações sejam retiradas antes de desligada a quinadora, será necessário realizar uma indexação



## 5. CUSTOMIZAÇÃO

### 5.1. INSERIR NOVA MÁQUINA

- Para inserir novos modelos de quinadora ou comandos CNC. É preciso alterar o ficheiro `model_params.txt`



**Figura 16:** Localização do ficheiro

- O ficheiro necessita dos seguintes pontos para reconhecer uma nova máquina (ordem predefinida):
  - Comando do CNC; ex: Adcontrol, Cybelec
  - Modelo da Quinadora; ex: PM13530, PM22040
  - Tempo de Delay das Valulas na Descida Rápida (ms)
  - Tempo da Aceleração da Descida Rápida (ms)
  - Tempo da Desaceleração da Descida Rápida (ms)
  - Tempo da Mudança de Velocidade da Descida Rápida para a Lenta (ms)
  - Tempo da Aceleração da Descida Lenta (ms)
  - Tempo da Desaceleração da Descida Lenta (ms)
  - Tempo de Espera Inicial antes da Subida Rápida (ms)
  - Tempo da Aceleração da Subida Rápida (ms)
  - Tempo da Desaceleração da Subida Rápida (ms)



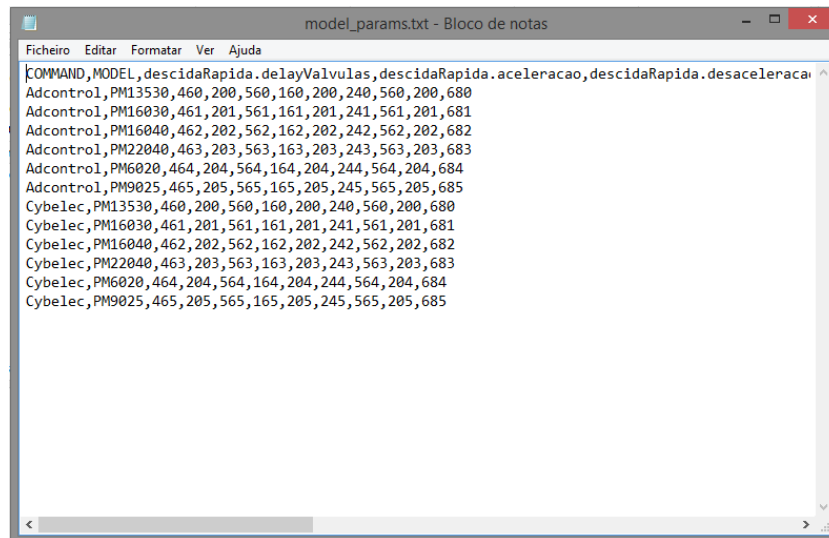
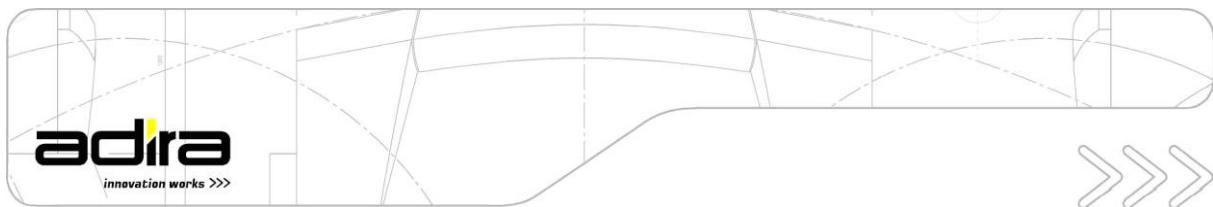


Figura 17: Ficheiro model\_params.txt

**Nota:** Os parâmetros devem ser inseridos na ordem predefinida

## 5.2. ALTERAR O PROGRAMA ADIRAPBCYCLE

- Para realizar o *update* do programa AdiraPBCycle, basta substituir o ficheiro `adirapbcycle.exe` pelo novo na seguinte localização

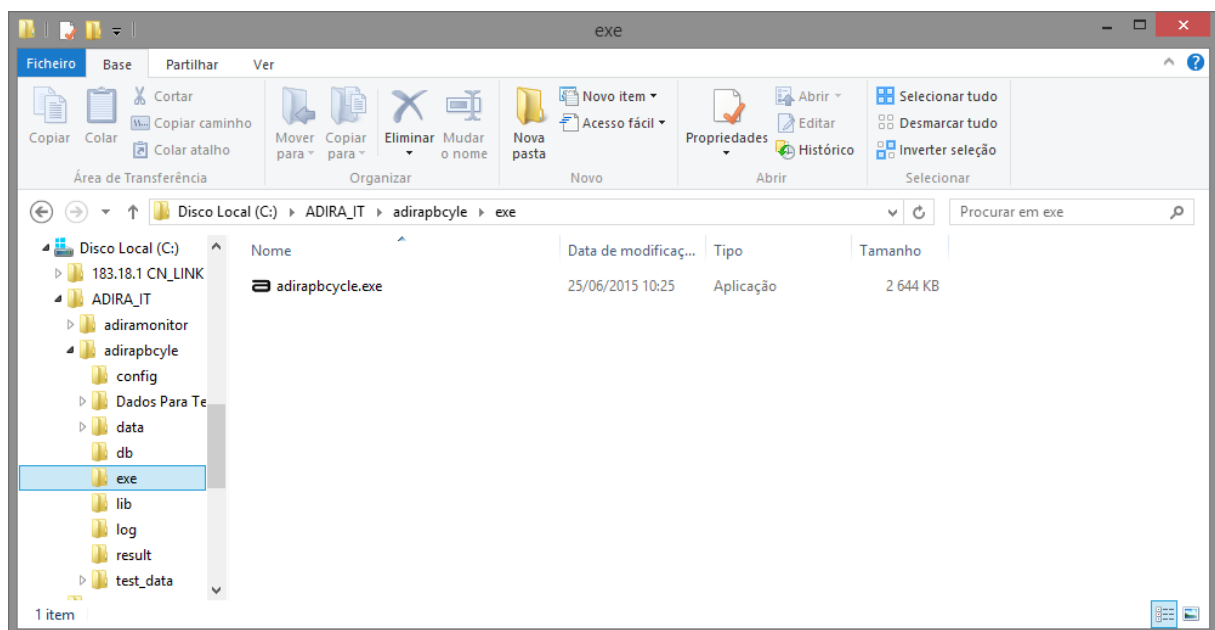


Figura 18: Localização do ficheiro `adirapbcycle.exe`



## Anexo F

### Estruturas de Polinomiais

Equação do modelo polinomial OE:

$$y(t) = \sum_{i=1}^{nu} \frac{B_i(q)}{F_i(q)!} u_i(t - nk_i) + e(t) \quad (\text{F.1})$$

Equação do modelo polinomial ARX:

$$A(q) y(t) = \sum_{i=1}^{nu} B_i(q) u_i(t - nk_i) + e(t) \quad (\text{F.2})$$

Equação do modelo polinomial BJ:

$$y(t) = \sum_{i=1}^{nu} \frac{B_i(q)}{F_i(q)!} u_i(t - nk_i) + \frac{C(q)}{D(q)!} e(t) \quad (\text{F.3})$$

Modelo Hammerstein:

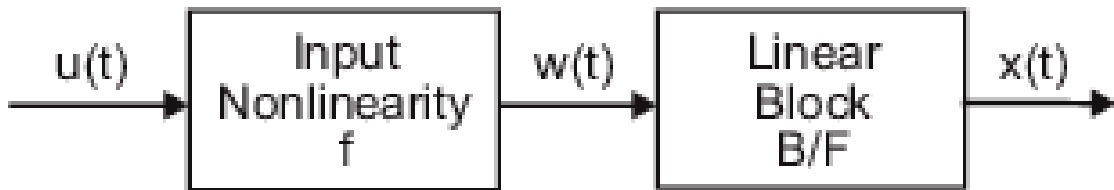


Figura F.1: Diagrama em bloco do modelo Hammerstein



# Referências

- [1] Bruno De Abreu e Oliveira Martins. Desenvolvimento de um sistema de acionamento elétrico aplicado a uma quinadora. 2012.
- [2] Yusuf Altintas. *Manufacturing Automation: Metal Cutting Mechanics, Machine Tool Vibrations, and CNC Design*. 2012. URL: <https://books.google.com/books?hl=pt-PT&lr=&id=St38a25qLa0C&pgis=1>.
- [3] Daniel Alves Coelho. Ensino rápido de células de quinagem ADIRA. 2011.
- [4] Manar Abd Elhakim Eltantawie. DESIGN, MANUFACTURE AND SIMULATE A HYDRAULIC BENDING PRESS | Redy Adb - Academia.edu. *IJMERR*, Vol.2, 2013. URL: [http://www.academia.edu/6751172/DESIGN\\_MANUFACTURE\\_AND\\_SIMULATE\\_A\\_HYDRAULIC\\_BENDING\\_PRESS](http://www.academia.edu/6751172/DESIGN_MANUFACTURE_AND_SIMULATE_A_HYDRAULIC_BENDING_PRESS).
- [5] James E. Johnson. *Electrohydraulic Servo Systems*. Cleveland: Penton, 2nd edição, 1977.
- [6] D. Lovrec e M. Kastrevc. Modelling and simulating a controlled press-brake supply system. *International Journal of Simulation Modelling*, 10(3):133–144, 2011. doi:10.2507/IJSIMM10(3)3.184.
- [7] José A. Bessa Pacheco. *Utilização de quinadoras e guilhotinas*. APTCP, 1992.
- [8] J L M DE CARVALHO. *SISTEMAS DE CONTROLE AUTOMATICO*. LTC, 2000.
- [9] Karl J. Astrom e Tore Hagglund. *Automatic Tuning of PID Controllers*. Instrument Society of America, 1988.
- [10] Cybelec Sa. *N2X Parameters*. Cybelec,SA, 1991.
- [11] Alexandre Sanfelice Bazanella e João Manoel Gomes da Silva Jr. Ajuste de Controladores PID, 2000. URL: <http://www.ece.ufrgs.br/~jmgomes/pid/Apostila/apostila/>.
- [12] José Manuel Guerreiro Gonçalves. *Actuador linear de indução tubular*. Tese de doutoramento, 2000.
- [13] João Lourenço. Sintonia de Controladores P.I.D., 1996. URL: <http://ltodi.est.ips.pt/smarques/CS/Pid.pdf>.
- [14] Dechrit Maneetham e Nitin Afzulpurkar. Modeling , simulation and control of high speed nonlinear hydraulic servo system. *Simulation*, 6(1):27–39, 2010.
- [15] Leghmizi Said e Boumediene Latifa. Modeling and Control of Mechanical Systems in Simulink of Matlab.

- [16] S H Suh, S K Kang, D H Chung, e I Stroud. *Theory and Design of CNC Systems*. Springer Series in Advanced Manufacturing. Springer London, 2008.
- [17] Comando numérico computadorizado – Wikipédia, a enciclopédia livre. URL: [http://pt.wikipedia.org/wiki/Comando\\_num%C3%A9rico\\_computadorizado](http://pt.wikipedia.org/wiki/Comando_num%C3%A9rico_computadorizado).
- [18] Apostila de Comandos Numéricos Computadorizados - parte2 - geral. URL: <http://www.ebah.pt/content/ABAAAgAtkAB/apostila-comandos-numericos-computadorizados-parte2-geral#>.
- [19] Comando Numérico Computadorizado. URL: <http://cnctecnologia.no.comunidades.net/index.php>.
- [20] Press Project. URL: <http://pt.scribd.com/doc/81913934/Press-Project#scribd>.
- [21] MathWorks - MATLAB and Simulink for Technical Computing. URL: <http://www.mathworks.com/>.
- [22] Modelling and simulating a controlled press-brake supply system. URL: [http://www.ijsimm.com/Full\\_Papers/Fulltext2011/text10-3\\_133-144.pdf](http://www.ijsimm.com/Full_Papers/Fulltext2011/text10-3_133-144.pdf).
- [23] Estimate Output-Error polynomial model using time or frequency domain data - MATLAB oe. URL: <http://www.mathworks.com/help/ident/ref/oe.html>.
- [24] Time- or frequency-domain data - MATLAB iddata. URL: [http://www.mathworks.com/help/ident/ref/iddata.html?s\\_tid=srchtitle](http://www.mathworks.com/help/ident/ref/iddata.html?s_tid=srchtitle).
- [25] Simulate dynamic system - MATLAB sim. URL: <http://www.mathworks.com/help/simulink/slref/sim.html>.
- [26] Class representing piecewise-linear nonlinear estimator for Hammerstein-Wiener models - MATLAB pwlinear. URL: <http://www.mathworks.com/help/ident/ref/pwlinear.html>.
- [27] G. R. Bolkvadze. Identification of Hammerstein nonlinear stochastic systems. *Automation and Remote Control*, 63(4):601–612, 2002. doi:10.1023/A:1015178131501.
- [28] Erika J. Dempsey e David T. Westwick. Identification of Hammerstein Models with Cubic Spline Nonlinearities. *IEEE Transactions on Biomedical Engineering*, 51(2):237–245, 2004. doi:10.1109/TBME.2003.820384.
- [29] Graham C. Goodwin e Robert L. Payne. *Dynamic System Identification : Experiment Design and Data Analysis*. Academic Press New London, 1977.
- [30] Paulo Lopes Santos. Introdução à identificação de sistemas. 2004.
- [31] J. Schoukens, W. D. Widanage, K. R. Godfrey, e R. Pintelon. Initial estimates for the dynamics of a Hammerstein system. *Automatica*, 43(7):1296–1301, 2007. doi:10.1016/j.automatica.2006.12.003.
- [32] Michel Verhaegen e David Westwick. Identifying MIMO Hammerstein systems in the context of subspace model identification methods. *International Journal of Control*, 63(2):331–349, 1996. doi:10.1080/00207179608921846.

- [33] identifying-hammerstein-wiener-models @ www.mathworks.com.  
URL: <http://www.mathworks.com/help/ident/ug/identifying-hammerstein-wiener-models.html>.
- [34] ESAutomotion. *Numerical Control for Press Brake - Operator's Guide*. ESAutomotion, september2 edição, 2013.